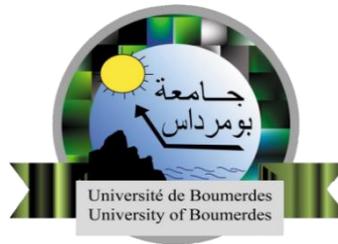


REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



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
des tôles sur une plieuse HACO du type ERM 60320

Présenté par :

BELMESK Ahmed

KHECHINE Abd Elwahab

Promoteur :

MANSER Belkacem

Promotion 2019 - 2020

Résumé

L'objectif principal de ce travail consiste à la conception d'un système de manutention pour levage d'une tôle de six mètres de longueur et qui pèse 200 Kg sur une plieuse du type HACO pour la maintenir et la déplacer en translation et en rotation afin d'obtenir la position nécessaire pour le pliage.

Dans cette étude, la conception du système de manutention et levage a été proposée et réalisée à l'aide du logiciel de conception SolidWorks® et la simulation du comportement des 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 ; Presse plieuse ; Tôle ; Simulation numérique.

Abstract

The main objective of this work is the design of a handling system for lifting a six-meter-long sheet metal weighing 200 Kg on a HACO type bending machine to hold it and move it in translation and rotation in order to obtain the necessary position for bending.

In this study, the design of the handling system was proposed and carried out using SolidWorks® design software and the simulation of the behavior 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; Press Brake; sheet metal; digital simulation

ملخص

يتمثل الهدف الرئيسي لهذا العمل في تصميم نظام مناولة لرفع صفيحة بطول ستة أمتار وتزن 200 كيلوغرام على آلة طي من نوع HACO لنقلها وتحريكها. من أجل الحصول على الموضع الضروري للطي.

في هذه الدراسة، تم اقتراح وتصميم نظام المناولة باستخدام برنامج SolidWorks® وتم حساب محاكاة سلوك عناصر 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؛ ماكينة طي؛ الصفائح المعدنية؛ 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 **ANABIB** pour nous avoir dirigés et orientés pendant toute la durée de notre stage et en particulier **M. AMER YAHIA YAZID**

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

Dédicaces

Tout d'abord, je remercie mon DIEU le tout puissant, de m'avoir donné la volonté et le courage et la patience afin d'arriver à la finalité de ce modeste travail.

Je dédie ce travail à :

A ma très chère mère

Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur. Merci maman

A mon très cher père

L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments. Que Dieu te préserve et te procure santé et longue vie.

A mes frères, Mahamed, Khalef, Abdelatif

Aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous, votre joie et votre gaieté me comblent de bonheur.

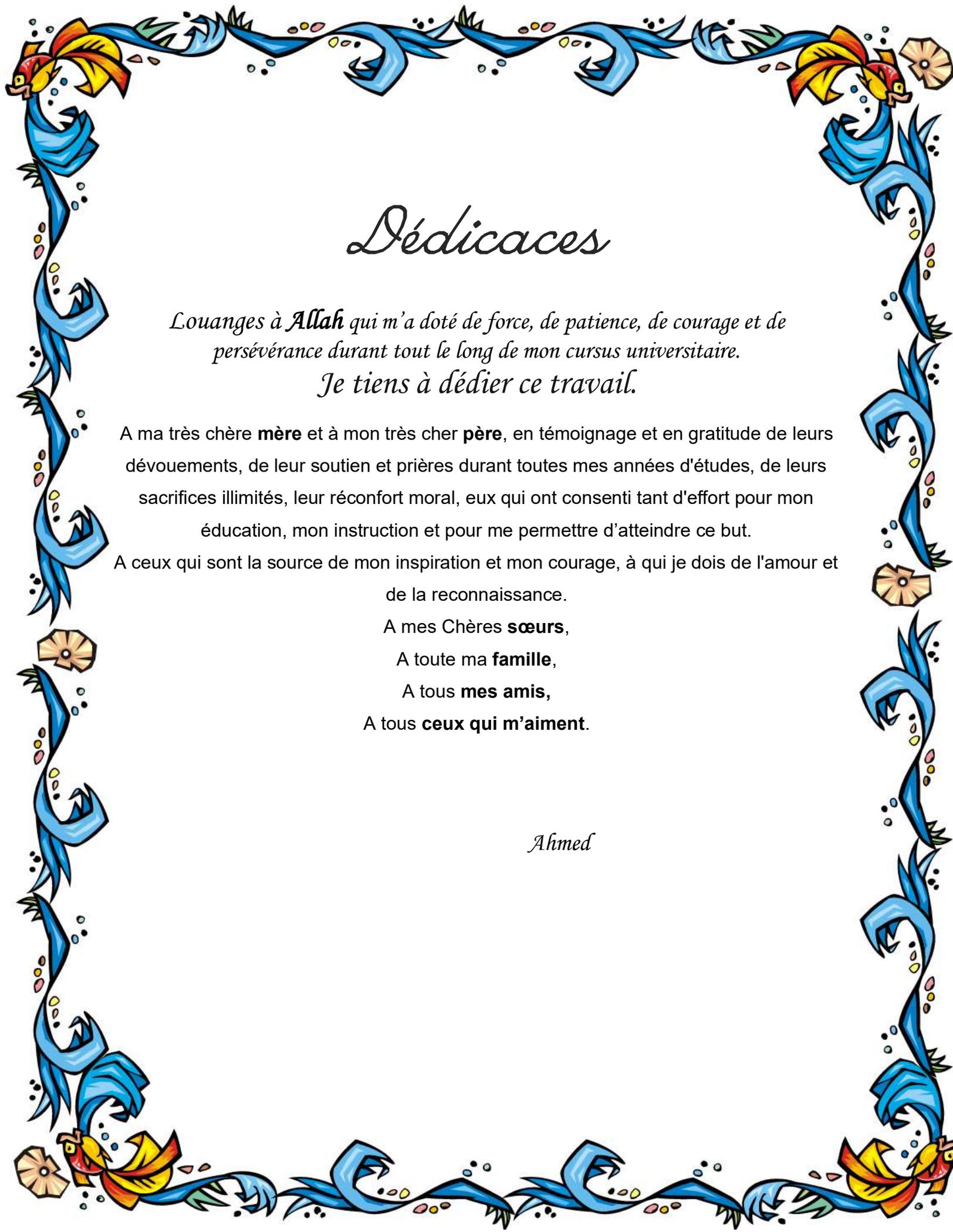
A tous ma famille, mes amis et mes proches sans exceptions

*À Mon binôme et mon chère collègue, **Ahmed***

A tous le groupe MCM-18

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci...

Wahab



Dédicaces

Louanges à Allah qui m'a doté de force, de patience, de courage et de persévérance durant tout le long de mon cursus universitaire.

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 Chères **sœurs**,

A toute ma **famille**,

A tous **mes amis**,

A tous **ceux qui m'aiment**.

Ahmed

Table des matières

Table des matières	i
Table des figures	vi
Liste des tableaux	ix
Nomenclature	x
Introduction générale	1
Présentation de l'entreprise ANABIB	3
Chapitre I : Systèmes de manutention et levage, et presses plieuses	6
Introduction :	6
1. Définition et réglementation de manutention :	6
1.1. Définition de manutention :	6
1.2. Manutention aujourd'hui :	6
2. Missions et conséquences de la manutention :	7
3. Buts de la manutention :	7
3.1. Types de la manutention :	8
3.1.1. Manutention manuelle :	8
3.1.2. Manutention mécanique :	9
4. Risques en manutention :	9
4.1. Facteurs de risque :	9
4.2. Evaluation des risques :	10
4.2.1. Pour la manutention manuelle :	10
4.2.2. Pour la manutention mécanique :	10
5. Métiers en lien avec la manutention :	11
6. Moyens et documents de manutentions :	11
7. Levage industriel :	12
7.1. Equipements de levage industriel :	12
7.1.1. Pont roulant :	12

7.1.2.	Portique de manutention :	13
7.1.3.	Palan :	14
7.1.4.	Potence :	14
7.1.5.	Treuil :	15
7.1.6.	Grues :	16
7.1.7.	Chariot élévateur :	16
7.1.8.	Tables élévatrices :	17
7.2.	Accessoires de levage :	17
7.2.1.	Cé de levage :	18
7.2.2.	Ventouse :	18
7.2.3.	Fourche de levage :	19
7.2.4.	Aimant de levage :	19
7.2.5.	Pince :	20
7.2.6.	Élingues :	21
7.2.7.	Câbles de levage :	21
8.	Manutention et levage professionnel :	23
9.	Presses plieuses :	24
9.1.	Définition :	24
9.2.	A propos de HACO :	24
9.3.	Différentes sortes de plieuses présentées par HACO :	25
9.3.1.	Presses plieuses Euromaster-s (EMS) :	25
9.3.2.	Presses plieuses EuroMaster (ERM) :	25
9.3.3.	Presses plieuses synchroMaster (SRM) :	26
9.3.4.	Presses plieuses pressmaster (PM) :	27
	Conclusion :	28

Chapitre II : Étude, conception et assemblage de système de manutention **29**

	Introduction :	29
1.	Structure de la pièce à maintenir :	29
1.1.	Définition :	29
1.2.	Matériau de la tôle :	29
1.3.	Caractéristique de la tôle :	30

2.	Assemblages des poutres :	30
2.1.	Définition et rôle d'un assemblage :	31
2.2.	Différentes formes d'assemblages métalliques :	32
3.	Entraînements électriques :	34
3.1.	Moteurs des entraînements électriques :	35
3.2.	Entraînements par moteur électrique :	35
3.2.1.	Définition d'une machine électrique :	35
3.2.2.	Principe de fonctionnement :	35
4.	Entraînements par moteurs asynchrones :	36
4.1.	Définition :	36
4.2.	Constituions de la machine asynchrone :	36
4.3.	Principe fonctionnement du moteur asynchrone :	36
4.4.	Démarrage du moteur asynchrone :	36
5.	Variateurs de vitesse :	37
5.1.	Définition :	37
5.2.	Composantes de variateur :	37
5.3.	Fonctions du variateur de vitesse :	37
6.	Choix des équipements de levage :	38
6.1.	Choix de pince à tôle :	38
6.2.	Choix de palan électrique :	39
6.2.1.	Caractéristique de palan ER2SP/003IS :	39
6.2.2.	Chaîne de levage :	40
6.2.3.	Les dimensions de palan ER2SP/003IS :	40
6.2.4.	Conception de palan :	41
6.3.	Choix des poutres IPE :	42
6.4.	Choix de moteur asynchrone :	43
6.4.1.	Calcul du nombre de tour du moteur réducteur :	43
6.4.2.	Caractéristiques du mécanisme de transmission :	44
a.	Force de levage FL :	44
b.	Rendement de roulement et engrenage :	45
c.	Puissance de moteur P_m :	46
d.	Calcul du couple moteur pignon :	47
7.	Présentation de logiciel SolidWorks :	47

7.1.	Description :	47
7.2.	Pourquoi choisir SolidWorks® ?	48
7.3.	Fonctionnalités de SolidWorks® :	49
8.	Conception de système de manutention et levage :	49
9.	Assemblage de système de manutention et levage :	51
9.1.	Assemblage de poteau au sol :	51
9.2.	Assemblage de poteau avec la traverse :	52
9.3.	Assemblage de moteur et la tige filetée :	53
9.4.	Assemblage de chariot et les roues :	53
9.5.	Assemblage de moteur de translation avec traverse :	54
9.6.	Assemblage de traverse avec le chariot de translation :	54
9.7.	Assemblage de support de vis à la traverse :	55
9.8.	Assemblage des traverses aux poteaux :	55
	Conclusion :	56

Chapitre III : Simulation numérique de système de manutention et levage **57**

	Introduction :	57
1.	Simulation numérique :	57
1.1.	Définition de la simulation :	57
1.2.	SolidWorks simulation :	58
1.3.	Gamme SolidWorks simulation :	58
1.4.	Fonctionnalités de SolidWorks Simulation :	58
2.	Processus d'analyse :	59
3.	Résultats et discussion de la simulation :	60
3.1	Analyse et simulation de traverse mobile :	60
3.1.1	Charges et condition aux limites :	61
3.1.2	Maillage de modèle :	61
3.1.3	Résultats de la simulation :	62
3.2	Analyse et simulation des traverses fixe aux poteaux :	64
3.2.1	Charges et condition aux limites :	64
3.2.2	Maillage de modèle :	65
3.2.3	Résultats de la simulation :	65

3.3	Analyse et simulation des poteaux :	67
3.3.1	Charges et condition aux limites :	68
3.3.2	Maillage de modèle :	68
3.3.3	Résultats de la simulation :	69
3.4	Analyse et simulation des chariots :	71
3.4.1	Charges et condition aux limites :	71
3.4.2	Maillage de modèle :	72
3.4.3	Résultats de la simulation :	72
3.5	Analyse et simulation des roues :	74
3.5.1	Charges et condition aux limites :	75
3.5.2	Maillage de modèle :	75
3.5.3	Résultats de la simulation :	76
3.6	Analyse et simulation de cornière :	78
3.6.1	Charges et condition aux limites :	78
3.6.2	Maillage de modèle :	79
3.6.3	Résultats de la simulation :	79
	Conclusion :	81
	Conclusion générale	82
	Références Bibliographie	83
	Annexe	86

Table des figures

Chapitre I

Figure I.1 : Facteurs de risque.....	10
Figure I.2 : Pont roulant	13
Figure I.3 : Portique de manutention	13
Figure I.4 : Palan.....	14
Figure I.5 : Potence	15
Figure I.6 : Treuil.....	15
Figure I.7 : Grue mobile	16
Figure I.8 : Chariot élévateur	17
Figure I.9 : Table élévatrice	17
Figure I.10 : Cé de levage	18
Figure I.11 : Ventouse.....	18
Figure I.12 : Fourche de levage	19
Figure I.13 : Aiment de levage	20
Figure I.14 : Pince à buse.....	20
Figure I.15 : Pince a tuyau	20
Figure I.16 : E double	21
Figure I.17 : E simple	21
Figure I.18 : E à brins multiple	21
Figure I.19 : Crochet.....	21
Figure I.20 : Manille	21
Figure I.21 : Anneau	21
Figure I.22 : Composition des câbles.....	22
Figure I.23 : Types de câbles (métallique et non métallique).....	23
Figure I.24 : Presse plieuse Euromaster.....	26
Figure I.25 : Presse plieuse synchronmaster.....	27
Figure I.26 : Presse plieuse pressmaster	27

Chapitre II

Figure II.1 : Pièce à maintenir	30
Figure II.2 : Configurations d'assemblages dans le plan	31
Figure II.3 : Différents des types d'assemblages dans une ossature de bâtiment.....	32
Figure II.4 : Assemblage Poteau Poutre (A).....	33
Figure II.5 : Assemblage poutre-poutre (B)	33
Figure II.6 : Assemblage poteau-poteau (C).....	34
Figure II.7 : Attache dans une base de poteau (D)	34
Figure II.8 : Transfert thermique d'un moteur électrique	35
Figure II.9 : Dessin technique de pince à tôle TBL0.5	39
Figure II.10 : Dessin technique de palan ER2SP	41
Figure II.11 : Eléments de palan ER2SP	42
Figure II.12 : Dimensions de poutre	43
Figure II.13 : Représentation de force de levage FL	44
Figure II.14 : Engrenage et roulement de notre système	45
Figure II.15 : Système de levage et manutention dessiné par SolidWorks®	50
Figure II.16 : Assemblage des poteaux.....	52
Figure II.17 : Assemblage de traverse avec le poteau	52
Figure II.18 : Assemblage de moteur avec la tige fileté	53
Figure II.19 : Assemblage de chariot et les roues.....	53
Figure II.20 : Assemblage de moteur sur la traverse	54
Figure II.21 : Assemblage de traverse avec le chariot.....	54
Figure II.22 : Assemblage de support de vis à la traverse	55
Figure II.23 : Assemblage des traverses aux poteaux.....	55

Chapitre III

Figure III.1 : Position de traverse mobile dans le système.....	60
Figure III.2 : Traverse mobile sous charges réparties et conditions aux limites	61
Figure III.3 : Maillage de traverse mobile.....	61
Figure III.4 : Distribution des contraintes équivalentes sur la traverse mobile.....	62
Figure III.5 : Distribution de champ de déplacement de traverse mobile	63
Figure III.6 : Distribution de champ de déformation de traverse mobile.....	63

Figure III.7 : Distribution du coefficient de sécurité sur la traverse mobile	64
Figure III.8 : Positions des traverses fixes dans le système	64
Figure III.9 : Traverse fixe sous charges réparties et conditions aux limites	65
Figure III.10 : Maillage de traverse fixe.....	65
Figure III.11 : Distribution des contraintes équivalentes sur la traverse fixe.....	66
Figure III.12 : Distribution de champ de déplacement de traverse fixe	66
Figure III.13 : Distribution de champ de déformation de traverse fixe.....	67
Figure III.14 : Distribution du coefficient de sécurité sur la traverse fixe	67
Figure III.15 : Poteaux sous charges et conditions aux limites	68
Figure III.16 : Maillage des poteaux	69
Figure III.17 : Distribution des contraintes équivalentes sur les poteaux	69
Figure III.18 : Distribution de champ de déplacement des poteaux.....	70
Figure III.19 : Distribution de champ de déformation des poteaux	70
Figure III.20 : Distribution du coefficient de sécurité sur les poteaux.....	71
Figure III.21 : Chariot sous forces appliquées et conditions aux limites	72
Figure III.22 : Représentation géométrique de maillage de chariot	72
Figure III.23 : Distribution des contraintes équivalentes sur le chariot	73
Figure III.24 : Distribution de champ de déplacement sur le chariot.....	73
Figure III.25 : Distribution de champ de déformation des chariots	74
Figure III.26 : Distribution du coefficient de sécurité sur les chariots.....	74
Figure III.27 : Roue sous forces appliquées et conditions aux limites.....	75
Figure III.28 : Maillage des roues	76
Figure III.29 : Distribution des contraintes équivalentes sur les roues	76
Figure III.30 : Distribution de champ de déplacement sur les chariots.....	77
Figure III.31 : Distribution de champ de déformation des chariots	77
Figure III.32 : Distribution du coefficient de sécurité sur les chariots.....	78
Figure III.33 : Cornière sous les force appliquées et conditions aux limites	79
Figure III.34 : Maillage appliqué sur la cornière.....	79
Figure III.35 : Distribution des contraintes équivalente sur cornière.....	80
Figure III.36 : Distribution de champ de déplacement sur la cornière.....	80
Figure III.37 : Distribution de champ de déformation de cornière.....	81
Figure III.38 : Distribution du coefficient de sécurité sur cornière	81

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1 : Limites de levage selon le code de travail..... 8

Tableau I.2 : Limites de levage selon la norme AFNOR NFX 35-109 8

Chapitre II

Tableau II.2 : Caractéristique de la pièce à maintenir 30

Tableau II.3 : Caractéristique de pince à tôle TBL0.5 38

Tableau II.4 : Dimensions de pince a tôle TBL0.5..... 39

Tableau II.5 : Caractéristique de palan ER2SP/003IS..... 40

Tableau II.6 : Dimensions de palan ER2SP/003IS..... 40

Tableau II.7 : Dimensions de poutre IPE 140 42

Tableau II.8 : Coefficients de frottement 45

Tableau II.9 : Rendements de quelques couples de frottement 46

Tableau II.10 : Caractéristiques et désignations des éléments de système proposé..... 51

Nomenclature

PTS	Petits Tube Soudés
PAF	Profilé à froid
PTTP	Petits Tubes et Tôles Profilées
CAO	Conception assistée par ordinateur
S	Section d'application (mm ²)
E	Epaisseur (mm)
F	Effort normal (N)
Σ	Contrainte (MPa)
C_s	Coefficient de sécurité (pas d'unité)
m_t	Masse de tôle (kg)
m_c	Masse de chariot (kg)
g	Constante universelle de gravitation (N.kg ⁻¹)
M	Moments (N.m)
V	Vitesse (m/s)
Ω	Vitesse angulaire (rad/s)
p	Pas primitif (mm)
H	Pas réduits (mm/rad)
F_L	Force de levage (N)
μ_R	Coefficient de frottement
m_M	Masse de Moteur (Kg)
η_R	Rendement Roulement
η_e	Rendement engrenage
η_r	Rendement roue
P_m	Puissance de moteur (KW)
C_m	Couple moteur (N/m)
N	Nombre de tour (tr/min)
m_{ch}	Masse de vis + moteur (Kg)

Introduction générale

Les appareils de levage et manutention sont des équipements très utiles et fort répandus dans les secteurs industriels. Les travailleurs sont appelés régulièrement à réaliser des tâches de manutention mécanique au cours des étapes de fabrication d'une pièce ou d'un produit. Le caractère répétitif de ces tâches, loin de diminuer les risques d'accidents, contribue peut-être les accentuer, par une sorte d'accoutumance au risque.

Nous rencontrons ces appareils de manutention, à 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 opérations de transport.

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

Au tout début, la manutention concerne l'activité qui permet de déplacer des palettes et des colis manuellement. L'avancée technologique a permis d'utiliser des travaux de manutention, à l'aide d'outils plus performants.

Les appareils de manutention ont été créés, pour permettre aussi aux entreprises d'accroître leur productivité. L'investissement dans ce type d'équipement offre une rentabilité certaine et une possibilité de vaincre la concurrence.

Cette optique de la concurrence pousse les sociétés à investir dans des appareils de plus en plus performants. La plupart des usines utilisant un déplacement et chargement de palettes et produits volumineux, sont dotées d'une belle équipe de manutentionnaires bien qualifiés et de machines de manutention.

L'entreprise ANABIB (société nationale de tubes et transformation de produits plats) a pris l'initiative de moderniser l'atelier PAF (profilées à froid) et améliorer les méthodes de production. Le bureau d'étude nous a confié l'étude et la conception d'un système de manutention pour levage d'une tôle de six mètres de longueur et qui pèse 200 Kg sur une plieuse du type HACO pour la maintenir et la déplacer en translation et en rotation afin d'obtenir la position nécessaire pour le pliage, dans le cadre de notre projet de fin de cycle Master.

L'objectif de cette étude est de concevoir un système manutention pour levage des tôles de manière sûre, précise et sécuritaire, et de simuler son comportement pendant les conditions de fonctionnement (déplacement de la tôle).

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 une définition d'équipement de levage industriel et les accessoires de levage. Enfin nous terminerons ce chapitre en définissant les presses plieuses et ses différentes sortes présentées par HACO.

Le deuxième chapitre sera consacré au choix des équipements de levage pour la construction numérique de notre système via le logiciel SolidWorks®, où nous avons pris en considération d'une part, tous les conditions géométriques, les liaisons qui existe entre les éléments constituant le système et les différents assemblages possible, relatifs au fonctionnement de ce système et d'autre part tous les charges, les réactions, frottement et leurs directions, et aussi les rendements de ces éléments pour assurer le bon fonctionnement de ce dernier d'une manière sure et sécuritaire. L'objectif principale de ce chapitre est de mettre en exergue les outils nécessaires pour faire la simulation de système.

La simulation numérique, via le logiciel SolidWorks Simulation, 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 ANABIB

L'EPE ANABIB issu, en janvier 2016, de la restructuration organique du Groupe ANABIB, est une Entreprise Public Economique dénommée « **Entreprise Nationale de Tubes et Transformation de Produits Plats** » appartient au Groupe **IMETAL**.

Conçu initialement pour s'intégrer harmonieusement en aval du potentiel industriel sidérurgique constitué par le complexe d'El-Hadjar, l'EPE ANABIB devait assurer les besoins nationaux en produits sidérurgiques de deuxième transformation.

La mutation de l'environnement économique a été le facteur déterminant dans l'adaptation au marché par ANABIB moyennant un développement de ses champs d'activités en optant pour des technologies à la pointe du progrès.

Leader et l'industriel incontournable sur le marché national, ANABIB propose aujourd'hui au travers de ses filiales une gamme variée de produits destinés à différents secteurs de l'Energie, de l'Hydraulique, de l'Agriculture, de l'Industrie et du Bâtiment. Réalisés selon les standards internationaux les produits offerts par le groupe s'étendent des tubes hydrocarbures, hydrauliques, aux systèmes d'irrigation par aspersion et serres agricoles en passant par les profilés à froid, les tôles galvanisées et les glissières de sécurité, couvrant des applications diverses.

Nos produits, ont pu pénétrer de nombreux pays, du Maghreb (Maroc, Tunisie, Libye), d'Europe, des Emirats Arabe Unis, des Etats Unis, grâce au label de qualité reconnu par les utilisateurs, lequel a conféré à notre groupe une place méritée des années durant comme principal fournisseur de matériels d'irrigation de la république d'Iraq et en devenir, à ce jour, une marque de référence.

1. Présentation des unités :

1.1. Unité Profilés à Froid “PAF” Réghaia :

Située dans la zone industrielle de Réghaia / Rouïba avec une assiette de 186 600 m², dont 95 000 m² couverts et 14 800 m² de voirie, l'unité Profilés à Froid a été mise en exploitation progressive depuis 1975.

L'activité de l'unité repose sur les fabrications et prestations suivantes :

- Les profilés à froid (largeur développée variant de 30 à 650 mm et épaisseur de 0,6 à 8 mm),
- Les tubes moyens nus et revêtus au polyéthylène (diamètre de 60,3 à 168,3 et d'épaisseur de 2,9 à 6,35 mm),

- Le revêtement des tubes de diamètres 114 à 356 mm,
- Les fers plats et larges plats (largeur de 30 à 700 mm et d'épaisseur de 3 à 8 mm),
- Les produits façonnés tels que le rayonnage lourd et léger et divers accessoires.

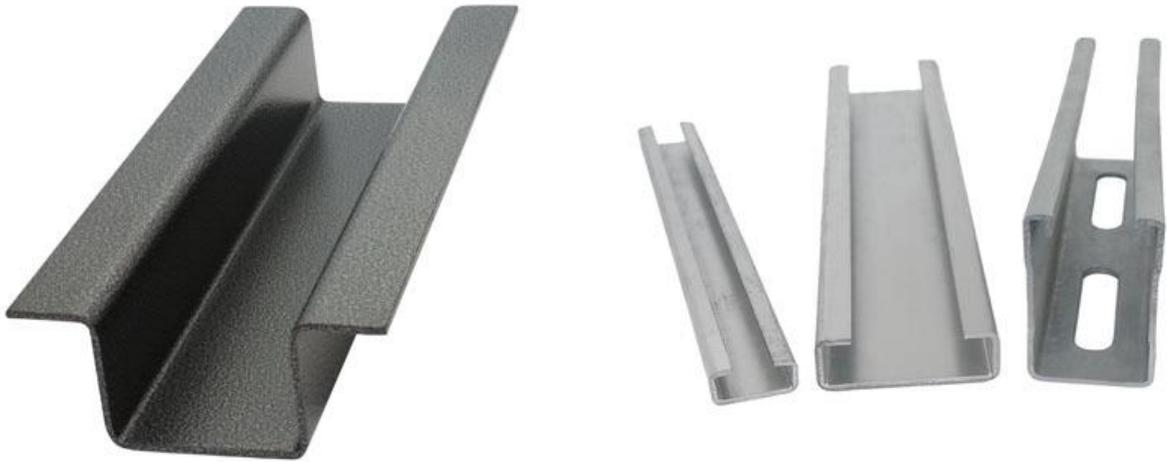


Figure 1 : Produits de l'entreprise ANABIB

1.2. Unité Petits Tubes Soudés "PTS" Réghaia :

Implantée dans la zone industrielle de Réghaia sur la route nationale N°5 sur une superficie de 62 311 m², dont 33 437 m² couverts, l'actuelle unité PTS, mise en exploitation en 1960 sous l'appellation SOTUBAL (Société de Tubes d'Algérie) constitua en 1968 l'une des deux premières usines de l'ex Société Nationale de Sidérurgie.



Figure 2 : Produits de l'unité "PTS"

L'activité de l'unité couvre :

a. En production :

- Les tubes gaz (de diamètre de 17 à 60 mm et d'épaisseur de 2 à 3.6 mm).
- Les tubes serruriers ronds, carrés et rectangulaires,

- ✓ (Ronds : de 10 à 90 mm et d'épaisseur de 0,7 à 4 mm.)
- ✓ (Carrés : de 16 à 45 mm et d'épaisseur de 1,25 à 3 mm.)
- ✓ (Rectangulaires : de 35x20 à 60x34 mm et d'épaisseur de 1 à 2,5 mm).
- Les tubes serres (de diamètre de 27 à 60 mm et d'épaisseur de 1,5 à 2 mm).

b. En prestation :

- Le refendage de bobines de 1 à 6 mm,
- La galvanisation à chaud,
- La coupe à longueur des tubes.

1.3. Unité Petits Tubes et Tôles Profilées "PTTP" :

Cette unité qui est située dans la zone industrielle de Hassi Ameur / Oran sur une superficie de 7 Ha, dont 13 500 m² couverts a été mise en exploitation en 1983.

Le champ d'activité de l'unité couvre la fabrication :



Figure 3 : Produits de l'unité "PTTP"

- Des tôles nervurées galvanisées (largeur développée de 1020 mm et d'épaisseur 0,5 à 2 mm).
- Des tôles planes noires et galvanisées (largeur développée de 1000 à 1040 et d'épaisseur de 0,5 à 2 mm).
- Des tôles ondulées galvanisées (largeur développée 1000 mm et d'épaisseur de 0,5 à 2 mm).
- Des tubes serruriers ronds, carrés et rectangulaires :
 - ✓ (Ronds : de 16 à 90 mm et d'épaisseur de 0,7 à 4 mm),
 - ✓ (Carrés : de 16 à 40 mm et d'épaisseur de 0,8 à 4 mm),
 - ✓ (Rectangulaires : de 30x20 à 60x34 mm et d'épaisseur de 1 à 4 mm).
- Des tubes serres (de diamètre de 27 à 60 mm et d'épaisseur de 1.5 à 2 mm).

Chapitre I

Systemes de manutention et levage, et presses plieuses

Introduction :

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 sûre, précise et sécuritaire. La disponibilité, la fiabilité et la rentabilité de ces équipements représentent des facteurs cruciaux quelle que soit l'application.

Les presses plieuses sont utilisées dans les longueurs de formage des composants en tôle. Une presse plieuse est une nécessité vitale pour la plupart des ateliers de fabrication de métal avec des capacités de coupe de forme et est l'une des machines les plus recherchées et encore mal comprises disponibles pour le travail des métaux.

Dans ce chapitre, nous essayerons tout d'abord de faire le tour sur les définitions de base de la manutention et ses types. A cet effet, nous présenterons leur rôle, risque, mission, conséquence et but. Ensuite, nous exposerons des définitions des équipements de levage industriel et les accessoires de manutention. Enfin, nous terminerons ce chapitre en détaillant les presses plieuses et ses différentes sortes présentées par HACO.

1. Définition et règlementation 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 aujourd'hui :

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].

2. 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 [3] :

- 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).

3. 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 [3] :

- 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.

3.1. 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 [4] :

3.1.1. 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 [4].

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 [4]

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 [4].

Les limites recommandées pour le port occasionnel de charges sont :

Tableau I.2 : Limites de levage selon la norme **AFNOR NFX 35-109** [4]

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.

3.1.2. 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. [4].

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.

4. 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) [5,6].

4.1. 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.

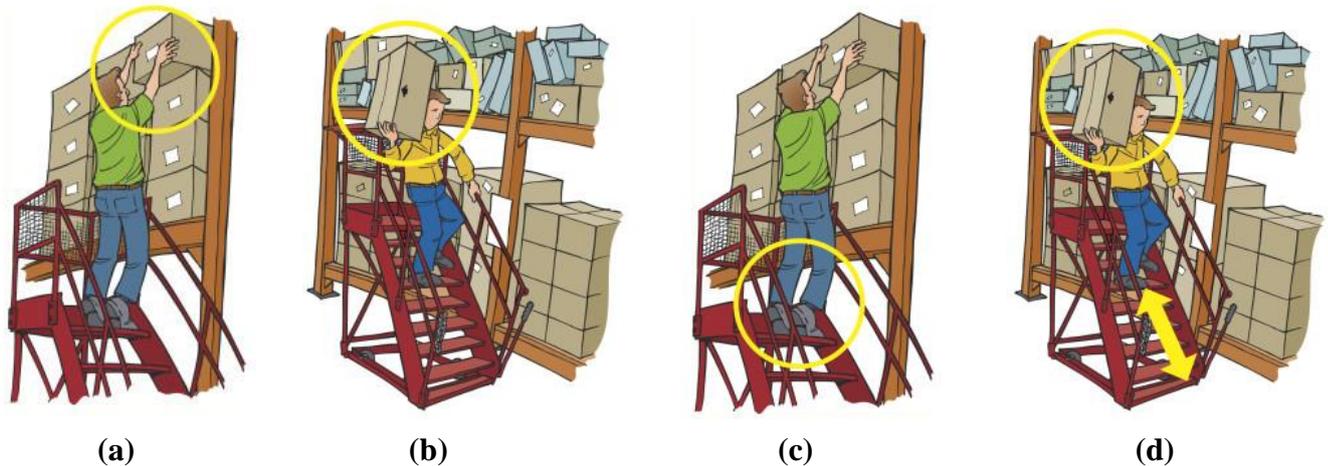


Figure I.1 : Facteurs de risque [5,6]

4.2. Evaluation des risques :

Elle nécessite la prise en compte de différents facteurs [4].

4.2.1. 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.

4.2.2. 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.

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].

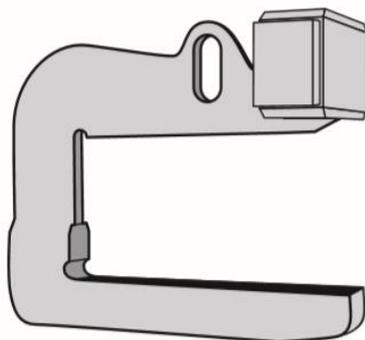


Figure I.10 : Cé de levage [9]

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].

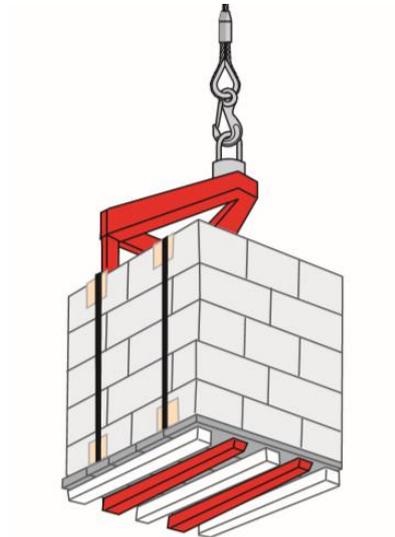


Figure I.12 : Fourche de levage [9]

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].

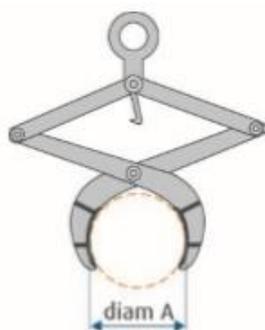


Figure I.15 : Pince à tuyau



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 à 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].

b. Pince à tôle horizontale : Les pince de manutention horizontale présente une fonction préhension, qui permet de fixer les pincettes au matériau pour le levage horizontal et le transfert de matériaux sans flexion. à utiliser lorsqu'il ne faut pas endommager la surface des matériaux. elles doivent s'utiliser par paires [10].

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.17 : E simple [11]



Figure I.16 : E double [11]



Figure I.18 : E 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]

7.2.7. Câbles de levage :

Le matériau de base pour la conception des câbles métalliques est, de manière classique, l'acier à forte teneur en carbone [12,13].

Un câble ordinaire est constitué d'une âme centrale qui peut être en textile ou métallique, de plusieurs torons enroulés en hélice autour de l'âme. Les torons eux-mêmes sont composés de fils d'acier enroulé en hélice autour d'une âme (toronnage ordinaire ou à fils parallèle, voir **Figure I.22**).

Le câble préformé comporte des fils ou des torons qui ont, d'origine, la forme qu'ils prennent après toronnage ou câblage.

Le câblage est l'opération qui permet d'assembler plusieurs torons autour de l'âme pour fabriquer le câble.

Les câbles courants sont exécutés en câblage croisé-toronnage à gauche et câblage à droite Z, ou inversement toronnage à droite et câblage à gauche S (**Figure I.22**), ou en câblage Lang (toronnage et câblage dans le même sens) [14].

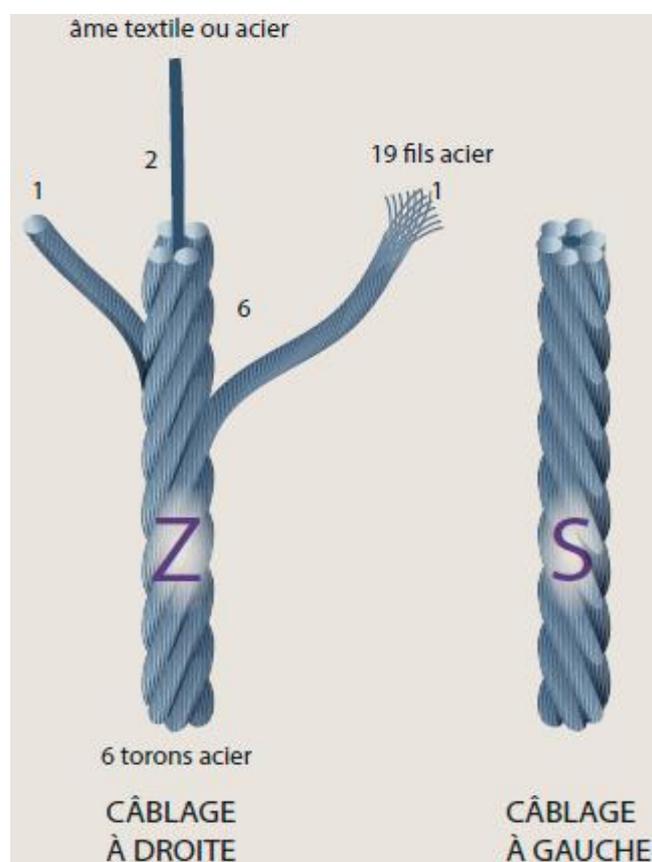


Figure I.22 : Composition des câbles [14]

L'oxydation est le principal problème de ces structures en acier, en effet la corrosion de ce dernier par l'eau est plus ou moins intense selon les éléments agressifs qui y sont dissous (dérivés du soufre dans l'atmosphère SO_2 , dérivés chlorés des sels de déverglaçage, etc) [15].

Du point de vue de la corrosion, les chlorures (surtout présents dans les régions maritimes) et le SO_2 (provenant de la combustion du charbon et du pétrole), sont les espèces les plus importantes. Le SO_2 est responsable des pluies acides car il forme, en réagissant avec l'eau,

l'acide sulfureux H_2SO_3 ou, avec l'eau et l'oxygène et en présence des catalyseurs comme les ions ferreux ou ferriques, l'acide sulfurique H_2SO_4 selon les réactions suivantes [16] :



Le premier mode de dégradation est la corrosion uniforme ou par dissolution. Ceci peut entraîner une perte de section plus ou moins homogène sur les fils et une réduction de la force à la rupture du câble [17]. Cette dissolution peut être également localisée et prend la forme de cratères qui ont le même effet que la corrosion uniforme mais en plus, ils diminuent la déformation à la rupture des fils et favorisent la fissuration par fatigue. Ces deux modes de corrosion peuvent engendrer des ruptures de torons par dépassement de la contrainte admissible. Ces ruptures sont de type ductile.

Types des câbles : On distingue principalement deux catégories de câbles, Les câbles non métalliques et les câbles métalliques. Qui peuvent être en matière organique, en acier, en matière synthétique (nylon) et mixte (voir **Figure I.23**) [17].

Les câbles métalliques fournissent des avantages qui sont :

- Grande vitesse de levage jusqu'à 150 m/mn.
- Poids relativement faible.
- Grande longévité (grande durée de vie).
- Haute souplesse (pour l'enroulement autour des poulies...).
- Grande force de levage.



Figure I.23 : Types de câbles (métallique et non métallique)

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 [18].

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 puissance de levage permet aux travailleurs d'effectuer beaucoup de manutention en un temps meilleur [18].

9. Presses plieuses :

Aujourd'hui, la presse plieuse, par son grand rendement, sa facilité d'opérer, sa capacité à plier de fortes épaisseurs, a pris de plus en plus de développement et elle se trouve dans tous les ateliers de chaudronnerie. On peut dire qu'à l'heure actuelle elle se classe parmi les machines indispensables aux ateliers travaillant les métaux en feuilles.

9.1. Définition :

La presse plieuse est une machine conçue pour effectuer des plis par rapprochement successif de deux outils rectilignes (communément appelés « matrices »). Elles sont généralement utilisées pour travailler la tôle. Les presses plieuses peuvent être hydrauliques, c'est-à-dire que le mouvement est assuré par des vérins hydrauliques, ou bien mécaniques à embrayage à friction [19].

9.2. A propos de HACO :

Créé en 1965, HACO était au début une petite entreprise familiale belge au service d'entreprises industrielles locales. Aujourd'hui, c'est un groupe offrant une gamme complète de solutions de haute qualité, connu dans le monde entier par les professionnels du bois et du travail de la tôle, des fraiseuses d'aluminium jusqu'aux cabines de peinture.

Depuis le début, leur objectif principal est de comprendre les besoins et les exigences de ces clients et de leur fournir le meilleur. Quand un de ces clients à un problème particulier, il est fier d'être en mesure de lui apporter la solution exacte. Initialement connu pour ses machines de tôlerie et ses machines à bois, HACO est devenu tellement plus qu'un simple constructeur de poinçonneuses, cisailles et plieuses. Depuis le milieu des années 90, HACO a évolué pour devenir une entreprise qui produit non seulement des machines de tôlerie, mais également des machines plus complexes et plus grandes, comme les centres d'usinage et les tours. Avec l'acquisition de Mubea Systems en 1996 et la reprise de FAT (Fabryka Automatów Tokarskich) en Pologne en 1999, le Groupe HACO est en mesure d'offrir des machines pour la découpe et le montage de très grands profils et pièces. La gamme de presses plieuses HACO est le résultat d'une tradition datant de plusieurs décennies dans la conception et la fabrication de machines à la pointe de la technologie pour une grande variété de clients et d'applications. HACO continue sa politique de développement interne avec des commandes numériques et logiciels, qui ont été reconnus parmi les plus conviviaux du marché. La nouvelle norme pour une interface opérateur intuitive en introduisant des innovations telles que smart draft, step previewer et icônes combinées. Prévalent une qualité de conception et de fabrication, les machines de production HACO offrent une excellente fiabilité et précision et sont reconnues mondialement.

Le groupe HACO fournit trois types de presses plieuses. Les presses plieuses SynchroMaster (SRM), PressMaster (PM) et Euromaste (ERM) ou Euromaster S (EMS) [20,21].

9.3. Différentes sortes de plieuses présentées par HACO :

9.3.1. Presses plieuses Euromaster-s (EMS) :

La presse plieuse Euromaster-s est une machine haut de gamme qui permet le pliage avec un angle parfait. C'est une presse multiaxe à commande numérique avec réglage électronique de parallélisme et de la pénétration de coulisseau [20,21].

Equipement standard :

- Commande numérique fastbend-2D premium graphique avec écran tactile,
- Butée arrière rapide sur vis à billes,
- Outillage : système standard européen avec serrage rapide manuel,
- Table de bombage automatisé,
- Barrières immatérielles de sécurité.

9.3.2. Presses plieuses EuroMaster (ERM) :

La machine de type Euromaster est une presse plieuse synchro moderne avec asservissement électronique du parallélisme et de la pénétration du poinçon équipée de commandes numériques conviviales graphiques.

Le système synchro permet d'accoupler facilement 2 ou plusieurs machines pour obtenir des longueurs de travail pouvant aller jusqu'à 20 m. Dans cette configuration, les machines peuvent travailler indépendamment avec des applications différentes ou en mode tandem avec une double capacité et une double longueur de pliage [20,21].

Equipement standard :

- Asservissement électronique du parallélisme et de la pénétration du coulisseau par le système Synchro,
- Compensation automatique de flexion des montants par capteurs linéaires solidaires de la table,
- Commande numérique 2D sur potence Robosoft Fastbend-2D,
- Programmation de la pression de travail, course du coulisseau, ouverture entre table et coulisseau,
- Butée arrière à commande numérique avec entraînement par vis à billes,
- Machine livrée avec manuel d'entretien et de programmation,
- Pédale de commande.



Figure I.24 : Presse plieuse Euromaster [20]

9.3.3. Presses plieuses synchroMaster (SRM) :

Le synchro master est une presse plieuse d'entrée de gamme avec une exécution de base pour une utilisation avec de l'outillage standard européen.

Il est possible d'ajouter différentes options simples. Rapport qualité/prix attractif [20,21].

Equipement standard :

- Commande numérique easybend-2DT,
- Butée automatique arrière,
- Déplacement manuel, simple et rapide des doigts de butées,
- Support pour outillage standard européen avec serrage rapide pour le poinçon.



Figure I.25 : Presse plieuse synchronmaster [20]

9.3.4. Presses plieuses pressmaster (PM) :

La pressmaster est une presse multiaxes à commande numérique avec réglage électronique du parallélisme et de la pénétration du coulisseau [20,21].

Equipement standard :

- Commande numérique fastbend-3D premium graphique avec écran tactile,
- Augmentation de l'ouverture (jusqu'à 540 mm),
- Butée arrière rapide,
- Vitesse d'approche rapide,
- Vitesse de retour rapide,
- Bombage automatisé géré par CN.



Figure I.26 : Presse plieuse pressmaster [20]

Conclusion :

Au cours des dernières années, de nombreuses entreprises ont investi dans les systèmes de levage et manutention afin de rendre leurs activités productive et logistique plus flexible et efficace.

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.

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.

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. Comme nous avons présenté aussi les presses plieuses et leurs types.

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

Chapitre II

Étude, conception et assemblage 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. Puis, 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. Enfin, nous avons terminé ce chapitre en montrant les presses plieuses et ses différentes sortes présentées par HACO.

Maintenant, nous nous intéressons au choix des équipements de levage pour la construction de notre système. Nous avons pris en considération d'une part, tous les conditions géométriques, les liaisons qui existe entre les éléments constituant le système et les différents assemblages possible, relatifs au fonctionnement de ce système et d'autre part tous les charges, les réactions, frottement et leurs directions, et aussi les rendements de ces éléments pour assurer le bon fonctionnement de système avec sécurité.

Ces détails de conception, à savoir : les dimensions, les matériaux, liaison, assemblage 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 la pièce à maintenir :

1.1. Définition :

La pièce que nous cherchons à lever est une tôle en acier de six mètres de longueur et qui pèse 200 Kg, ce qui nous cause des difficultés à la maintenir à cause de son poids élevé.

Les opérateurs de l'atelier avaient l'habitude de monter la tôle sur la plieuse manuellement, ce qui cause des problèmes de temps et des accidents probables. Et pour faciliter leur travail nous avons proposé notre système de manutention et de levage.

1.2. Matériau de la tôle :

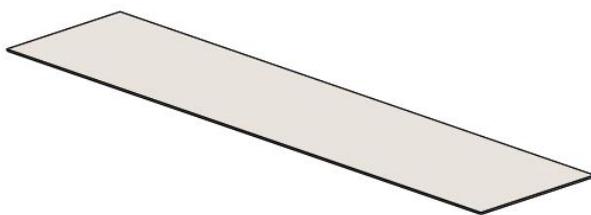
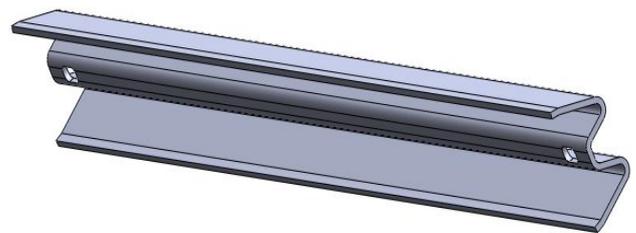
Le matériau utilisé dans la conception de la tôle est un acier S235JR, qui porte les caractéristiques mentionnées dans le **Tableau II.1**.

Tableau II.1 : Caractéristique de l'acier S235JR

Matériau	Acier S235JR
Module d'élasticité (MPa)	210000
Coefficient de poisson	0.3
Densité (Kg)	7800
Résistance à la rupture (MPa)	340
Résistance à la traction (MPa)	340
Limite élastique à la traction (MPa)	235

1.3. Caractéristique de la tôle :

Les principales caractéristiques de cette tôle (**Figure II.1**) à partir des documents fournis par l'entreprise d'accueil (ANABIB) sont résumées dans le **Tableau II.2**.

**Tôle avant pliage****Tôle après pliage****Figure II.1** : Pièce à maintenir

Dans le **Tableau II.2** nous présenterons les principales caractéristiques de la tôle avant le pliage.

Tableau II.2 : Caractéristique de la pièce à maintenir

Pièce	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Epaisseur (mm)	Poids (kg)
Tôle	6000	500	8	200

2. Assemblages des poutres :

Une structure en acier est constituée des profilés en I et/ou en H obtenus par laminage ou reconstitués par soudage. La réalisation de ce type de structure impose de lier ces éléments entre eux par des assemblages. Ces assemblages possèdent des formes multiples liées à la nature des efforts à transmettre mais aussi aux moyens d'attaches utilisés. A l'heure actuelle, il existe

principalement deux types d'assemblages : les assemblages soudés et les assemblages boulonnés.

Ces assemblages assurent, en général, la continuité à l'intérieur d'un même élément ou servent de liaison nodale entre les éléments. Ils se caractérisent par de fortes complexités géométrique et mécanique. La complexité géométrique résulte du nombre d'éléments intermédiaires utilisés (boulons, platine, cornière...) et des formes géométriques variées de ces éléments qui engendre de fortes discontinuités. La complexité mécanique provient des matériaux de natures différentes qui constituent les éléments, des jeux dans les trous pour boulons et du contact entre les différents composants de l'assemblage. En outre, le comportement local de ces assemblages affecte de manière directe le comportement global de la structure en acier [22].

2.1. Définition et rôle d'un assemblage :

Une structure comprend des éléments structuraux (poutres et poteaux) et des assemblages.

Les éléments structuraux sont classifiés en fonction du type de chargement qu'ils supportent. Ils sont appelés poutres si la flexion est prédominante, poteaux si la charge axiale est prédominante, et poutre-poteau si à la fois la flexion et une charge axiale sont présentes de manière significative. Pour les assemblages, selon le nombre et la position des éléments assemblés entre eux dans le plan, nous définissons des configurations d'assemblages unilatérales (sur un seul côté) ou bilatérales (sur deux côtés) comme il est représenté sur la **Figure II.2** [22].

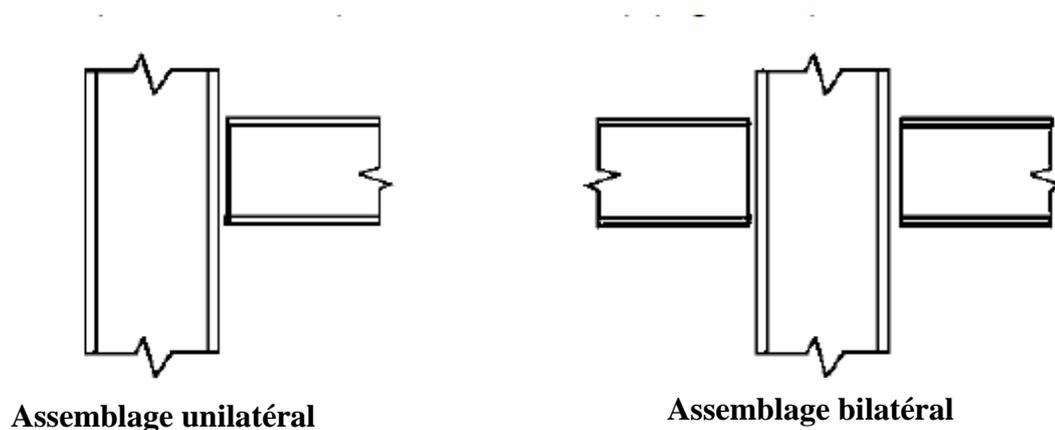


Figure II.2 : Configurations d'assemblages dans le plan [22]

La caractéristique essentielle des constructions métalliques est d'être composées d'un ensemble d'éléments barres (poteaux-poutres) constitués de profilés laminés ou soudés souvent en forme de (I ou de H) qu'il faut assembler entre eux pour constituer l'ossature.

Les liaisons entre ces différents éléments représentent ce qu'on appelle communément les assemblages. Ces derniers jouent un rôle très important et constituent des composants spécifiques à la construction métallique. On peut les définir comme des organes de liaison qui

permettent de réunir et de solidariser plusieurs éléments entre eux, en assurant la transmission et la répartition des diverses sollicitations entre les éléments assemblés, sans générer d'efforts parasites [23].

Une attache est définie comme l'ensemble de composants physiques qui fixent mécaniquement les éléments assemblés. On considère que l'attache est concentrée à l'emplacement où l'action de fixation se produit, par exemple au niveau de l'interface extrémité de poutre-poteau dans un assemblage poutre-poteau selon l'axe fort. Lorsque l'on considère l'ensemble attache ainsi que la zone d'interaction correspondante située entre les éléments assemblés, on utilise alors le terme « assemblages » [24].

2.2. Différentes formes d'assemblages métalliques :

Dans les ossatures des bâtiments métalliques, les éléments structuraux sont reliés par des assemblages (**Figure II.3**). Suivant la nature des éléments assemblés, on distingue entre autres [25] :

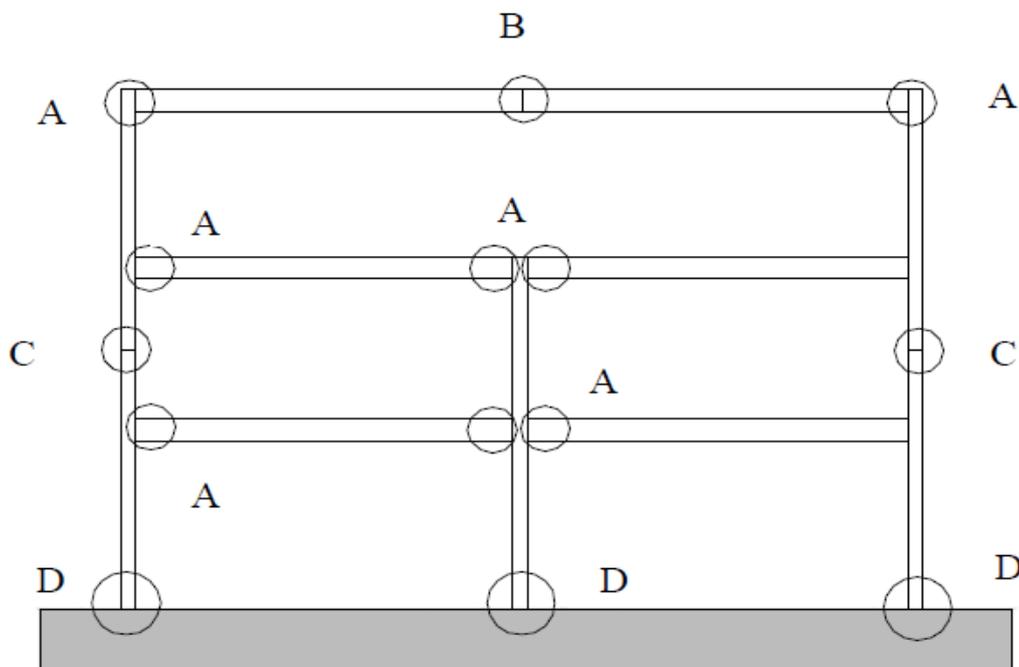


Figure II.3 : Différents des types d'assemblages dans une ossature de bâtiment [25]

- Les assemblages poutre-poteau (A) (**Figure II.4**),
- Les assemblages poutre-poutre (B) (**Figure II.5**),
- Les assemblages de continuité (C) (**Figure II.6**),
- Les assemblages poteau-fondation « pied de poteau » (D) (**Figure II.7**),

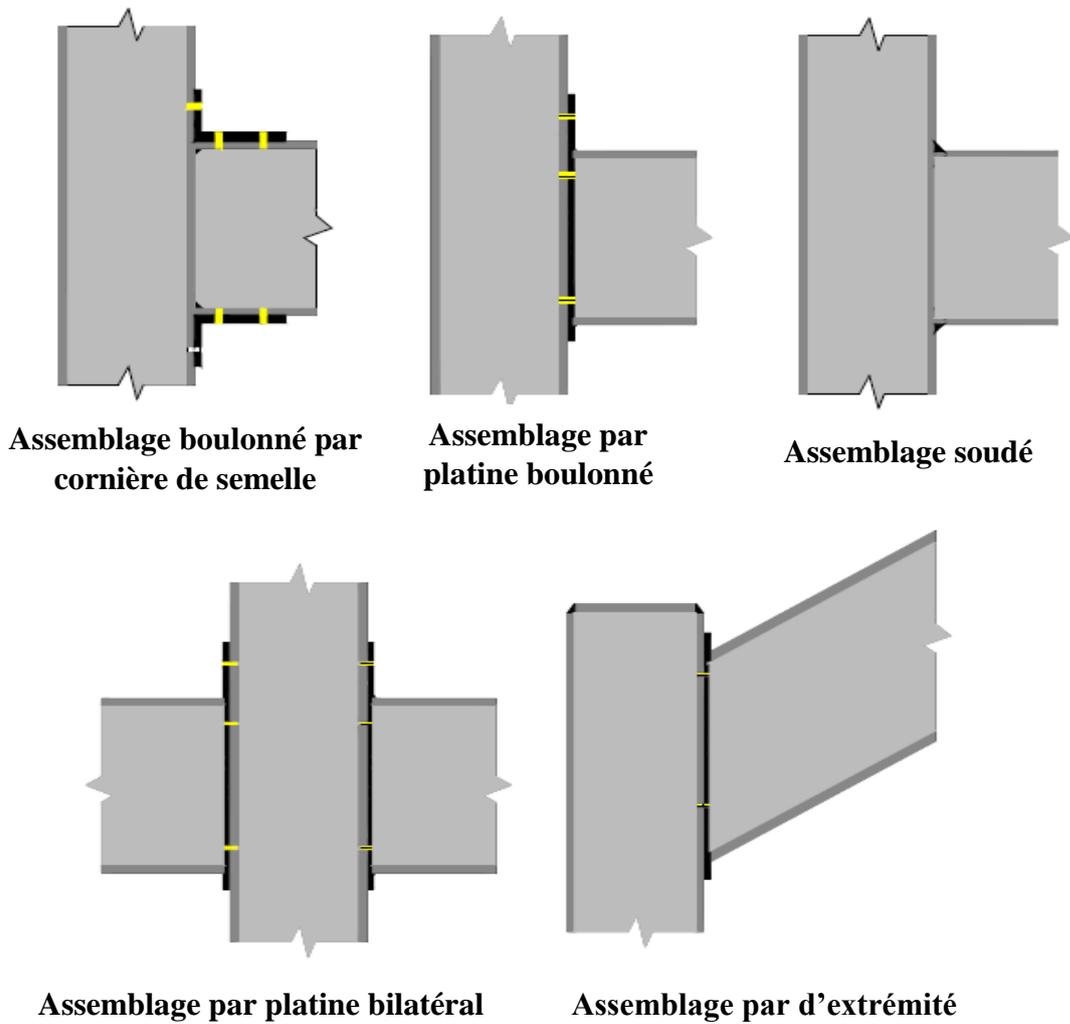


Figure II.4 : Assemblage poteau poutre (A) [25]

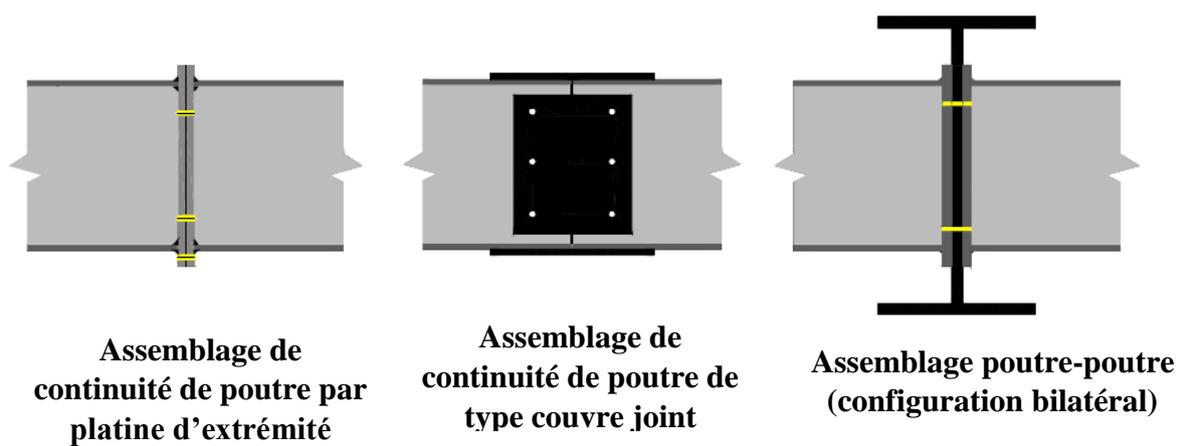


Figure II.5 : Assemblage Poutre- Poutre (B) [25]

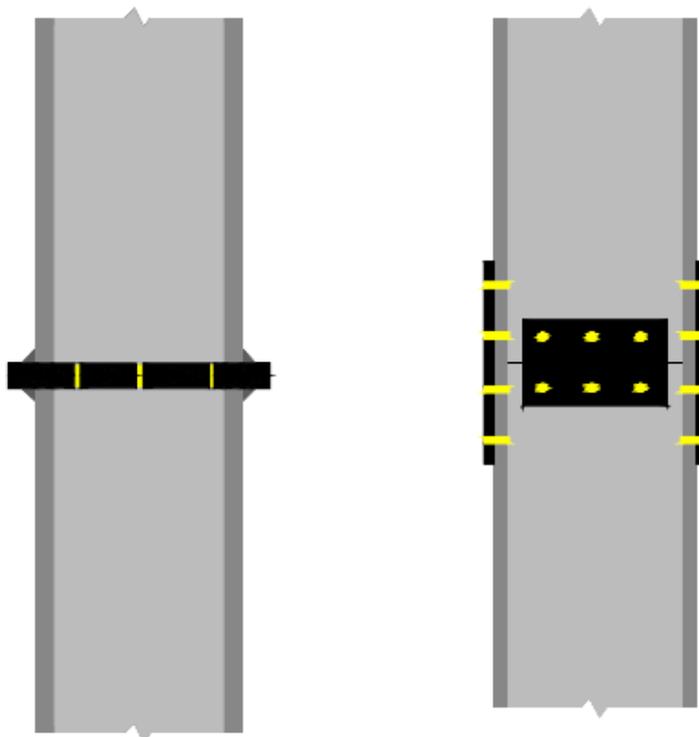


Figure II.6 : Assemblage poteau-poteau (C) [25]

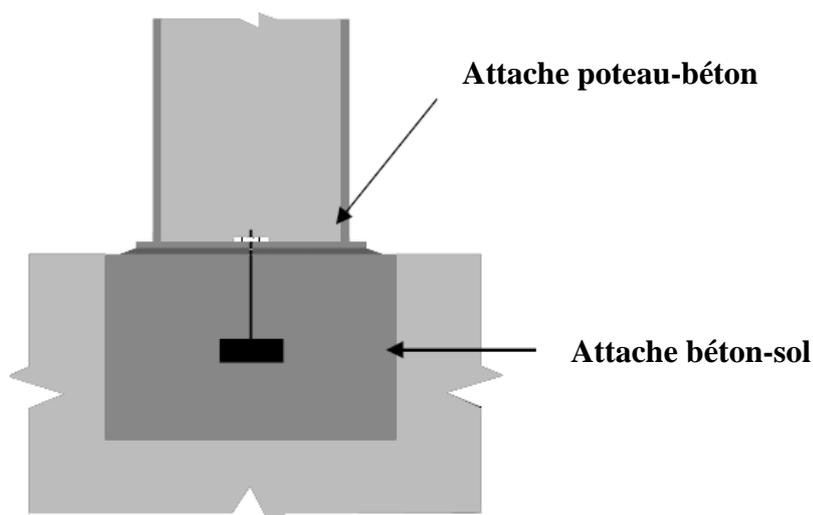


Figure II.7 : Attache dans une base de poteau (D) [25]

3. Entraînements électriques :

Un entraînement électrique est un système électromécanique destiné à réaliser un processus technologique grâce au mouvement d'un organe de travail. Il est généralement constitué d'un moteur électrique, son alimentation qui est constitué d'un variateur de vitesse, qui alimente le moteur, qui est lui-même un circuit intermédiaire entre le moteur et le réseau d'un convertisseur

mécanique de mouvement (ex : Couplage/réducteur), d'un organe de travail (la charge) et d'un système de commande [26].

3.1. Moteurs des entraînements électriques :

On peut difficilement imaginer de nos jours, un monde sans moteur électrique, les moteurs ont trouvé d'innombrables applications dans les domaines les plus divers. Une multitude de moteurs de type différents sont à notre disposition. Chaque type de moteur possède ces caractéristiques propres qui permettent de l'adapter à une application ou à une autre, selon la nature de la source d'alimentation on distingue [27] :

- Entraînement par moteur à courant continue (à excitation séparer, série, shunt, composé ou à aimant permanents).
- Entraînement par moteur à courant alternatif (synchrone, asynchrone et à réluctance).
- Tous les moteurs se composent de deux parties essentielles [28] :
 - Le stator (la partie fixe).
 - Le rotor (la partie tournante).

La conception et la fabrication de ces deux composantes définissent le type de moteur et des caractéristiques propre, d'autres éléments par exemple (balais, bagues collectrices, paliers, ventilateur condensateur, interrupteur centrifuge etc...) peuvent être particulier à chaque type de moteur.

3.2. Entraînements par moteur électrique :

3.2.1. Définition d'une machine électrique :

D'une manière générale, on définit un moteur électrique comme étant un dispositif de conversion entres deux types d'énergies, l'une d'entre elle est électrique [26].

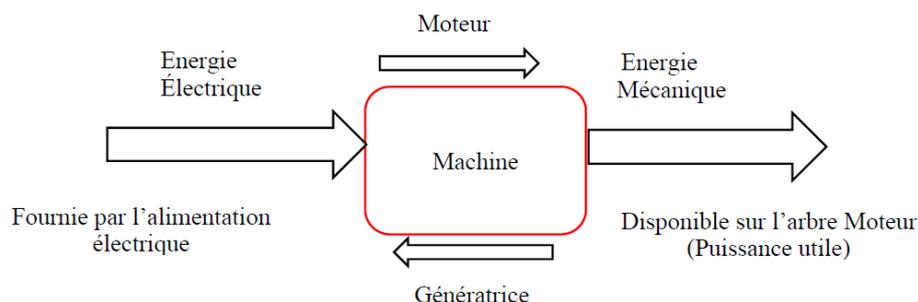


Figure II.8 : Transfert thermique d'un moteur électrique

3.2.2. Principe de fonctionnement :

Leur fonctionnement est basé sur l'obtention d'un effort mécanique par action d'un champ magnétique sur un circuit électrique traversé par un courant fourni par une source extérieure, laquelle peut produire aussi éventuellement le champ magnétique. Selon que le courant électrique fourni par la source extérieure est continu ou alternatif, la machine sera appelée moteur à courant continu ou moteur à courant alternatif (synchrone ou asynchrone) [26].

4. Entraînements par moteurs asynchrones :

4.1. Définition :

La machine asynchrone est une machine à courant alternatif pour laquelle la vitesse de rotation de l'arbre est inférieure à la vitesse de rotation de champs tournante. Elle est très utilisée (on estime que 80% des moteurs de la planète sont des moteurs asynchrones) car leur coût est inférieur à celui des autres machines, de plus ces machines sont robustes. Comme les autres machines, la machine asynchrone est réversible et de très nombreuses génératrices asynchrones de puissance inférieure à quelques 5 MW fournissent un surplus d'énergie active aussi bien sur des réseaux terrestres qu'à bord des navires [29].

4.2. Constituions de la machine asynchrone :

Le moteur asynchrone, appelée aussi à moteur à induction, ils sont basés sur l'entraînement d'une masse métallique par l'action d'un champ tournant, ils comportent deux armateurs à champ tournant coaxiales ; l'une est fixe, l'autre est mobile. Le stator comporte une carcasse en fonte ou on tôle d'acier dans laquelle est inséré un circuit magnétique formé d'un empilage de tôles. Il porte un enroulement triphasé réparti dans des encoches du circuit magnétique. Rotor (mobile) se divise en deux catégories suivants la structure de leur rotor qui peut être bobiné ou à cage d'écureuil [29].

4.3. Principe fonctionnement du moteur asynchrone :

Le principe de fonctionnement du moteur asynchrone est suivant [29] :

- Considérons un moteur asynchrone à l'arrêt, et connectons son stator à une tension alternative triphasée. Des courants alternatifs circulent alors dans ses enroulements et crée un champ tournant à vitesse synchrone ;
- Le rotor étant encore à l'arrêt, il est balayé par ce champ variable. Ses spires interceptent un flux variable et sont donc le siège de tensions induites. Comme elles sont court-circuitées sur elles-mêmes, ces tensions induites créent des courants induits.
- L'interaction de ces courants avec le champ tournant, provoque l'apparition d'un couple mécanique. Le rotor démarre et se met à tourner dans le sens du champ tournant.
- Ceci peut s'expliquer par la loi de Lenz, qui dit que tout phénomène induit cherche à s'opposer à la cause qui l'a induit. Dans le cas présent, la cause de l'apparition de courants induits au rotor est la différence de vitesse entre le champ tournant et le rotor. Le couple mécanique provoque l'accélération du rotor et la diminution de cette différence de vitesse, donc une diminution des courants induits au rotor.

4.4. Démarrage du moteur asynchrone :

Si l'on connecte soudainement un moteur asynchrone à une alimentation triphasée, par exemple à l'aide d'un interrupteur relié au 400V/50Hz industriel, le courant électrique qu'il absorbe est 4 à 6 fois plus important que le courant nominal du moteur, alors que le couple

mécanique disponible n'est que de 40% du couple nominal. Ce couple peut être suffisant pour accélérer le moteur de l'arrêt jusqu'à son point de fonctionnement. La condition est que le couple demandé par la charge soit toujours inférieur à celui produit par le moteur pour toutes les vitesses intermédiaires. Une telle pointe de courant n'est pas toujours bienvenue, surtout si le moteur est de forte puissance, car il provoque des chutes de tension inacceptables pour les autres utilisateurs du réseau électrique [30].

5. Variateurs de vitesse :

L'utilisation de variateur de vitesse dans notre cas a comme but de changer la vitesse de translation de la poutre mobile. Dans le cas de translation avec la charge on a choisi la faible vitesse, par contre on peut choisir la deuxième vitesse un peu plus forte pour la translation sans charge pour déplacer plus vite car on n'a pas des risques dans ce cas-là [31].

5.1. Définition :

Un variateur de vitesse est un équipement électrotechnique alimentant un moteur électrique de façon à pouvoir faire varier sa vitesse de manière continue, de l'arrêt jusqu'à sa vitesse nominale. La vitesse peut être proportionnelle à une valeur analogique fournie par un potentiomètre, ou par une commande externe : un signal de commande analogique ou numérique, issue d'une unité de contrôle [31].

Le variateur de vitesse permet de contrôler la vitesse du moteur au-dessus et au-dessous de la vitesse nominale en changeant la fréquence de la tension d'alimentation en allant de ($f=0$ Hz) à la vitesse nominale du moteur ($f=50$ Hz) [32].

5.2. Composantes de variateur :

Un variateur est composé [32] :

- **D'un redresseur** qui est connecté à une alimentation triphasée qui génère une tension continue à ondulation résiduelle (le signal n'est pas parfaitement continu). Le redresseur peut être de type commandé ou pas.
- **D'un circuit intermédiaire** agissant principalement sur le "lissage" de la tension de sortie du redresseur (améliore la composante continue). Il peut aussi servir de dissipateur d'énergie lorsque le moteur devient générateur, il est composé d'une Bobine de lissage "passe bas" (filtrage de basses fréquences), et d'un condensateur "passe haut" (filtrage des hautes fréquences) permettant de réduire l'ondulation résiduelle.
- **D'un onduleur** qui engendre le signal de puissance à tension et/ou fréquence variables.

5.3. Fonctions du variateur de vitesse :

- **Démarrage** : le moteur passe de la vitesse nulle jusqu'à sa vitesse établie en un temps prédéfini et en évitant les points d'intensité.
- **La variation de vitesse** : modification de la fréquence de rotation du moteur par accélération ou décélération en un temps donné.

- **La régulation** : la fréquence de rotation du moteur est maintenue constante quelles que soient les fluctuations de la charge (dans certaines limites).
- **Le freinage** : le moteur passe d'une vitesse établie à une vitesse inférieure (ralentissement) ou à la vitesse nulle (arrêt) avec maintien en position possible.
- **L'inversion du sens de marche (c'est à dire sens de rotation)** : permet de faire fonctionner la machine asynchrone dans les deux sens de rotation.
- **La récupération d'énergie** : permet lors d'un ralentissement ou d'un freinage des systèmes de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique [32].

6. Choix des équipements de levage :

6.1. Choix de pince à tôle :

Les pinces à tôle sont de nombreuses sortes qui offrent beaucoup d'avantage et qui diffèrent en capacité. Dans notre système, nous avons choisi une pince à tôle TBL0.5 avec blocage de sécurité.

Cette pince est spécialement conçue pour la manutention de tôles en acier. Elle permet le levage et le retournement des tôles de 180°. Elle permet également de saisir des tôles couchées ou verticales.

L'ouverture et la fermeture des mâchoires s'effectuent au moyen d'un levier de verrouillage. La fermeture est facilitée par l'action d'un ressort qui garantit le maintien en position de la pince même si l'opération de levage n'a pas commencé.

Caractéristique de pince TBL0.5 :

Les caractéristiques principales de cette pince sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.3 : Caractéristique de pince à tôle TBL0.5

Pince	Capacité (kg)	Capacité de préhension (mm)	Poids (kg)	Code article
TBL0.5	500	0-16	1.5	5010.0051

Le Dessin technique de pince à tôle TBL0.5 et les dimensions de ce dernier sont présentés dans la **Figure II.9** et le **Tableau II.4** :

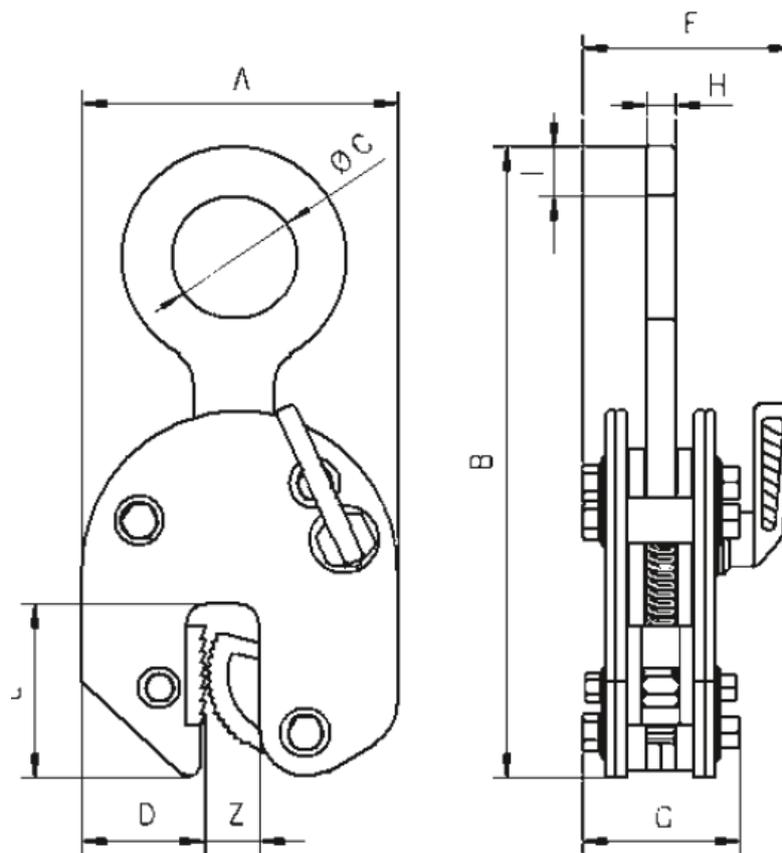


Figure II.9 : Dessin technique de pince à tôle TBL0.5

Tableau II.4 : Dimensions de pince a tôle TBL0.5

Model	Z (mm)	A (mm)	B (mm)	ØC (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G (mm)	H (mm)	I (mm)
TBL0.5	16	99	195	29	33	47	50	48	11	16

6.2. Choix de palan électrique :

Pour le palan électrique, nous avons choisi un palan électrique avec chariot de translation libre de type ER2SP de model 003IS avec une chaine de levage intégré qui a la capacité nécessaire de permettre le levage de la charge.

6.2.1. Caractéristique de palan ER2SP/003IS :

Les caractéristiques du palan données par le constructeur sont résumé dans le **Tableau II.5**.

Tableau II.5 : Caractéristique de palan ER2SP/003IS

Code ER2M	003IS
Capacité (kg)	250
Puissance de moteur (kW)	0.58
Duré d'enclenchement (%ED)	60
Vitesse de levage (m/min)	10.8
Largeur de poutrelles (mm)	58 à 163
Diamètre de chaîne (mm)	4.3x1
Poids (kg)	32

6.2.2. Chaîne de levage :

La chaîne originale KITO, galvanisée en acier allié, est extrêmement résistante à l'usure, à la fatigue et à la rouille qui est intégré au palan construit par la même société qui a construit le palan. Elle est le résultat d'études, et de l'expérience de KITO. Cette chaîne est soumise à des contrôles de qualité sévères, depuis la livraison des matériaux jusqu'à la finalisation. Cette chaîne est d'une qualité exceptionnelle.

6.2.3. Les dimensions de palan ER2SP/003IS :

Les dimensions de notre palan sont résumées dans le **Tableau II.6**, ces dimensions sont données par le constructeur de palan et se sont représentés en millimètres (mm). Le dessin technique de ce palan est aussi représenté sur la **Figure II.10**.

Tableau II.6 : Dimensions de palan ER2SP/003IS

D	d	b	b'	e	g	h	i	j	k	m	n	o	p	q	r	t	u
470	204	182	212	46	27	82	60	21	76	47	84	42	10	54	38	22	183

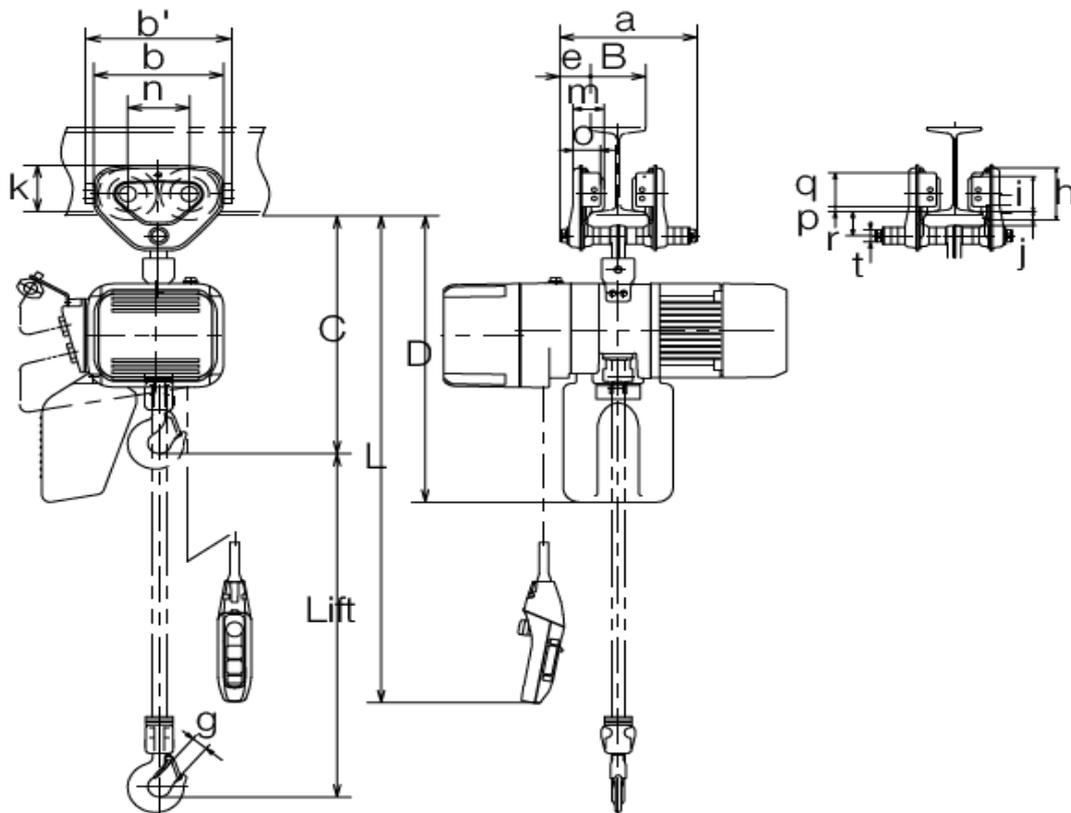


Figure II.10 : Dessin technique de palan ER2SP

6.2.4. Conception de palan :

La Figure II.11 montre les composantes et les éléments constituant notre palan électrique.

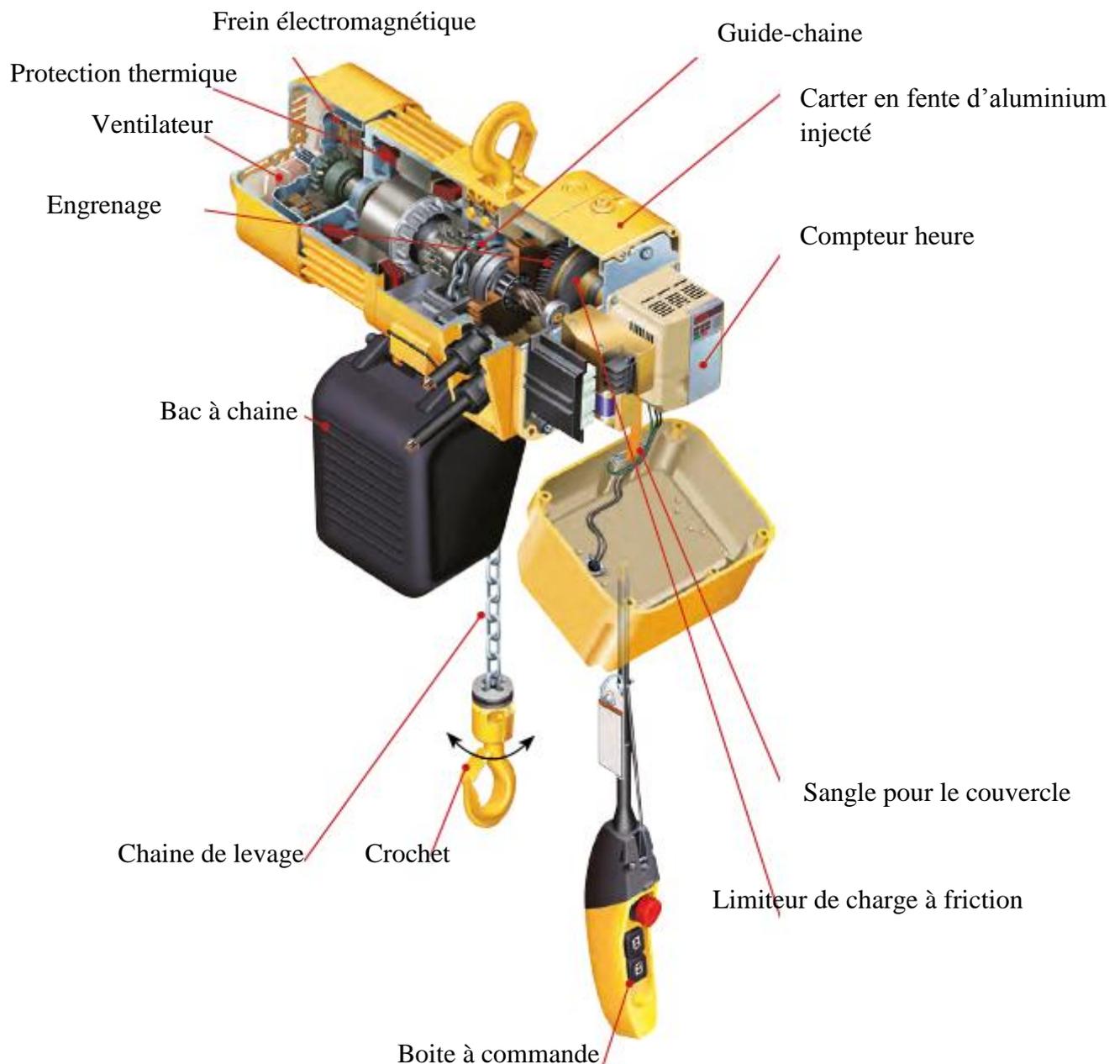


Figure II.11 : éléments de palan ER2SP

6.3. Choix des poutres IPE :

Les poutres dans notre étude sont utilisées dans les traverses et les poteaux. Nous avons choisi les poutres IPE 140 en acier S235 JR qui porte, selon les normes européennes NFEN10-25, les caractéristiques et les dimensions suivantes (voir **Figure II.12** et **Tableau II.7**) :

Tableau II.7 : Dimensions de poutre IPE 140

IPE	h (mm)	b (mm)	a (mm)	e (mm)	d (mm)	Poids par mètre (kg)
140	140	73	4.7	6.9	112	12.8

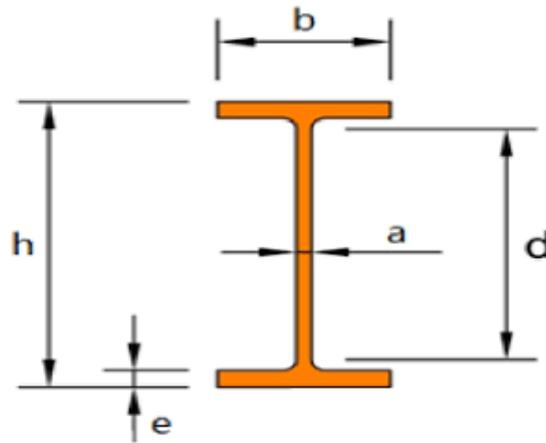


Figure II.12 : Dimensions de poutre

6.4. Choix de moteur asynchrone :

Le choix de moteur asynchrone le plus adapté à notre étude se fait en fonction des caractéristiques du mécanisme de transmission (force de levage et rendement de roulement et engrenage, etc.).

6.4.1. Calcul du nombre de tour du moteur réducteur :

Chaque moteur réducteur a son propre nombre de tours. Ce nombre est défini par la formule suivante :

$$N = \frac{30 \times \omega}{\pi} \dots \dots \dots (1)$$

Où :

$$\omega = \frac{V}{h} \dots \dots \dots (2)$$

et,

$$h = \frac{p}{2\pi} \dots \dots \dots (3)$$

Tel que :

- V_1 vitesse de chariot chargé et V_2 vitesse du chariot vide.
- V_1 : vitesse linéaire du chariot $V_1 = 0.1\text{m/s}$ (vitesse rapide).
- V_2 : vitesse linéaire du chariot $V_2 = 0.05\text{m/s}$ (vitesse lent).
- ω : vitesse angulaire rad/s.
- p : pas primitif de vis M24, $p = 3\text{mm}$.
- N : nombre de tours (tr/min).
- h : pas réduit (mm/rd).

Par application numérique :

$$h = \frac{p}{2\pi} = \frac{3}{2\pi} \rightarrow \mathbf{h = 0.47770 \text{ mm/rad}}$$

$$\omega_1 = \frac{V_1}{h} = \frac{0.05}{4.777 \times 10^{-4}} \quad \rightarrow \quad \omega_1 = 209.33 \text{ rad/s}$$

$$\omega_2 = \frac{V_2}{h} = \frac{0.05}{4.777 \times 10^{-4}} \quad \rightarrow \quad \omega_2 = 104.66 \text{ rad/s}$$

$$N_1 = \frac{30 \times \omega}{\pi} = \frac{30 \times 209.33}{\pi} \quad \rightarrow \quad N_1 = 2000.024 \text{ tr/min}$$

$$N_2 = \frac{30 \times \omega}{\pi} = \frac{30 \times 104.66}{\pi} \quad \rightarrow \quad N_2 = 1000.014 \text{ tr/min}$$

- ω_1 : Vitesse angulaire pour chariot chargé.
- ω_2 : Vitesse angulaire pour chariot vide.
- N_1 : Vitesse de rotation pour chariot chargé.
- N_2 : Vitesse de rotation pour chariot vide.

6.4.2. Caractéristiques du mécanisme de transmission :

L'étape suivante dans la conception de notre système de manutention et 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.

a. Force de levage F_L :

La force de levage F_L est la force nécessaire pour le levage et le transport de l'ensemble de la charge (la tôle). La **Figure II.13** montre une représentation de sens d'endroit de cette charge.

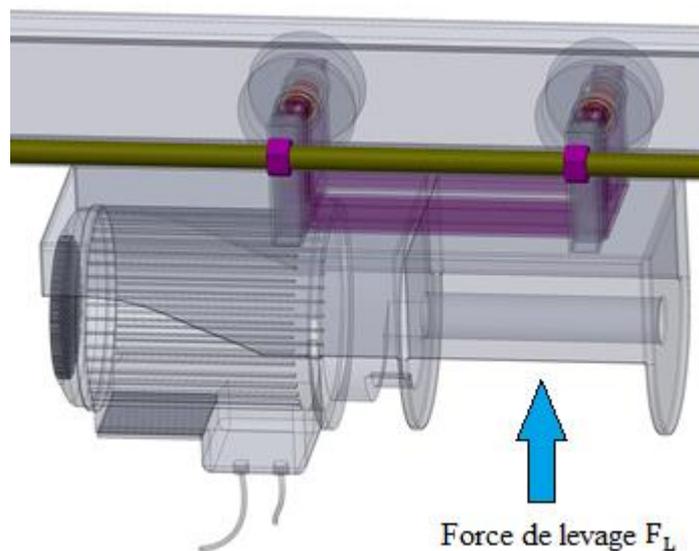


Figure II.13 : Représentation de force de levage F_L

Cette force de levage est calculée par la formule suivante :

$$F_L = \mu_R \times g \times m_t \dots \dots \dots (4)$$

Avec :

- μ_R : coefficient de frottement pour une chaine lubrifiée qui égale : $\mu_R = 0.29$

Tableau II.8 : Coefficients de frottement

Corps en contact	Frottement surface sèche	Frottement surface lubrifié
Vis écrou en acier	0.44	0.29

- g : gravité (9.81 N/Kg).
- m_t : masse totale (Kg).

$$m_t = m_c + m_p + m_{ch} \dots \dots \dots (5)$$

- m_c : masse de chariot (50 Kg).
- m_p : masse des pièces (200 Kg)
- m_{ch} : masse de vis et mase de moteur (50 Kg)

Par application numérique :

$$F_L = 0.29 \times 9.81 \times 300 \rightarrow F_L = 853.47 \text{ N}$$

b. Rendement de roulement et engrenage :

La **Figure II.14** présente l’engrenage et le roulement dans l’assemblage de chariot avec la traverse mobile dans notre système de levage.

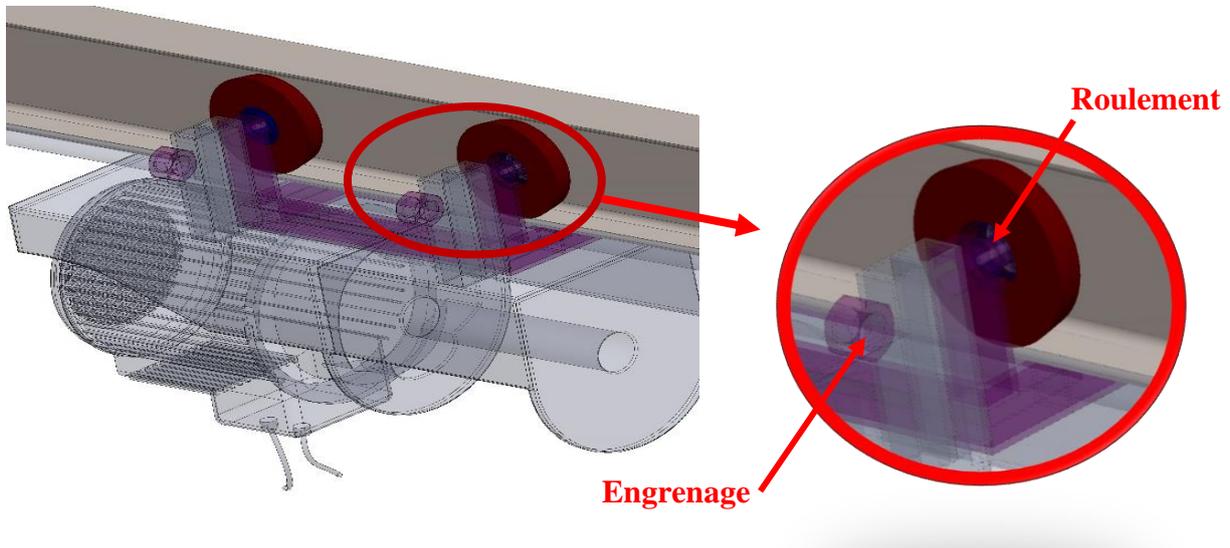


Figure II.14 : Engrenage et roulement de notre système

Le rendement total est connu par la formule suivante :

$$\eta = \eta_r^2 \times \eta_e^2 \times \eta_R^2 \dots\dots\dots (6)$$

Avec :

- η_r : Rendement de roulement.
- η_e : Rendement d’engrenage (vis-écrou).
- η_R : Rendement de la roue.

Le **Tableau II.9** montre l’intervalle de variation de rendement des éléments de transmission utilisée dans notre système.

Tableau II.9 : Rendements de quelques couples de frottement

Élément de transmission	Rendement
Vis sans fin	0.97 → 0.99
Roue de travers	0.94 → 0.97
Paire de roulements	0.99 → 0.995

Par application numérique :

$$\eta = 0.99^2 \times 0.97^2 \times 0.995^2 \rightarrow \eta = \mathbf{0.913}$$

c. Puissance de moteur P_m :

La puissance de moteur (P_m) est calculée par la formule suivante :

$$P_{m1} = \frac{F_L \times V}{\eta \times 1000} \dots\dots\dots (7)$$

Avec :

- P_m : Puissance de moteur (KW).
- F_L : Force de levage (N).
- V : Vitesse de chariot (m/s).
- η : Rendement de la système.

Par application numérique :

$$P_{m1} = \frac{F_L \times V_1}{\eta \times 1000} = \frac{853.47 \times 0.1}{0.913 \times 1000} \rightarrow P_{m1} = \mathbf{0.0934 \text{ KW}}$$

$$P_{m2} = \frac{F_L \times V_2}{\eta \times 1000} = \frac{853.47 \times 0.05}{0.913 \times 1000} \rightarrow P_{m2} = \mathbf{0.0467 \text{ KW}}$$

- P_{m1} : Puissance de moteur pour chariot chargé.

- P_{m2} : Puissance de moteur pour chariot vide.

d. Calcul du couple moteur pignon :

Le couple moteur pignon (C_m) est donné par la relation suivante :

$$C_{m1} = \frac{P}{\omega} \dots \dots \dots (8)$$

Avec :

- C_m : Couple moteur pignon (N/mm).
- ω : Vitesse angulaire moteur (rad/s).

Par application numérique :

$$C_{m1} = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{93.4}{209.33} \rightarrow C_{m1} = 0.446 \text{ N. mm}$$

$$C_{m2} = \frac{P_2}{\omega_2} = \frac{46.7}{104.66} \rightarrow C_{m2} = 0.446 \text{ N. mm}$$

- C_{m1} : Couple moteur pignon pour chariot chargé.
- C_{m2} : Couple moteur pignon pour chariot vide.

7. 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].

7.1. 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].

7.2. Pourquoi choisir SolidWorks® ?

2. 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®.
3. La plupart des universités et collèges internationaux d'ingénierie offrent dans leurs programmes des cours sur la CAO en utilisant SolidWorks®.
4. 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.
5. 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.
6. Il est très facile d'apprendre les bases, comment commencer les conceptions de produit et plus.
7. 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].

7.3. 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.

8. Conception de système de manutention et levage :

Pour assurer le levage, le déplacement et la fixation de notre tôle, nous avons construit un système de manutention qui ressemble à un pont roulant. Ce système nous permet non seulement au levage de la tôle, mais aussi au déplacement sur les deux axes X et Y et la rotation sur l'axe Z avec toute sécurité et moins d'opérateur.

Notre système comporte quatre poteaux fixés au sol avec des tiges filetées immergées au béton, et deux poutres fixées avec boulonnage avec des cornières de semelle avec les poteaux, ces deux poutres lèvent une traverse mobile qui peut se déplacer avec des chariots de translation qui contiennent des roues. Ces chariots sont aussi fixés à la traverse mobile avec soudage. Le levage de la pièce est assuré par les palans électriques qui contiennent des chariots de translation libre attachée à la traverse mobile, le déplacement des palans électriques se passe avec un moteur électrique fixé à la poutre mobile qu'est mené d'une tige filetée liée à un écrou fixé aux palans (liaison hélicoïdale).

La **Figure II.15** montre le système de manutention et levage proposé pour le déplacement et la fixation de tôle, il est bien clair que notre système est constitué de 21 éléments qui sont détaillés dans le tableau suivant.

Il convient de souligner que les dimensions de ce système ont été définies à partir des dimensions de la tôle 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.

Le **Tableau II.10** montre le numéro et le nom de chaque pièce constituant le système, la désignation de leur matière et la quantité de chaque élément.

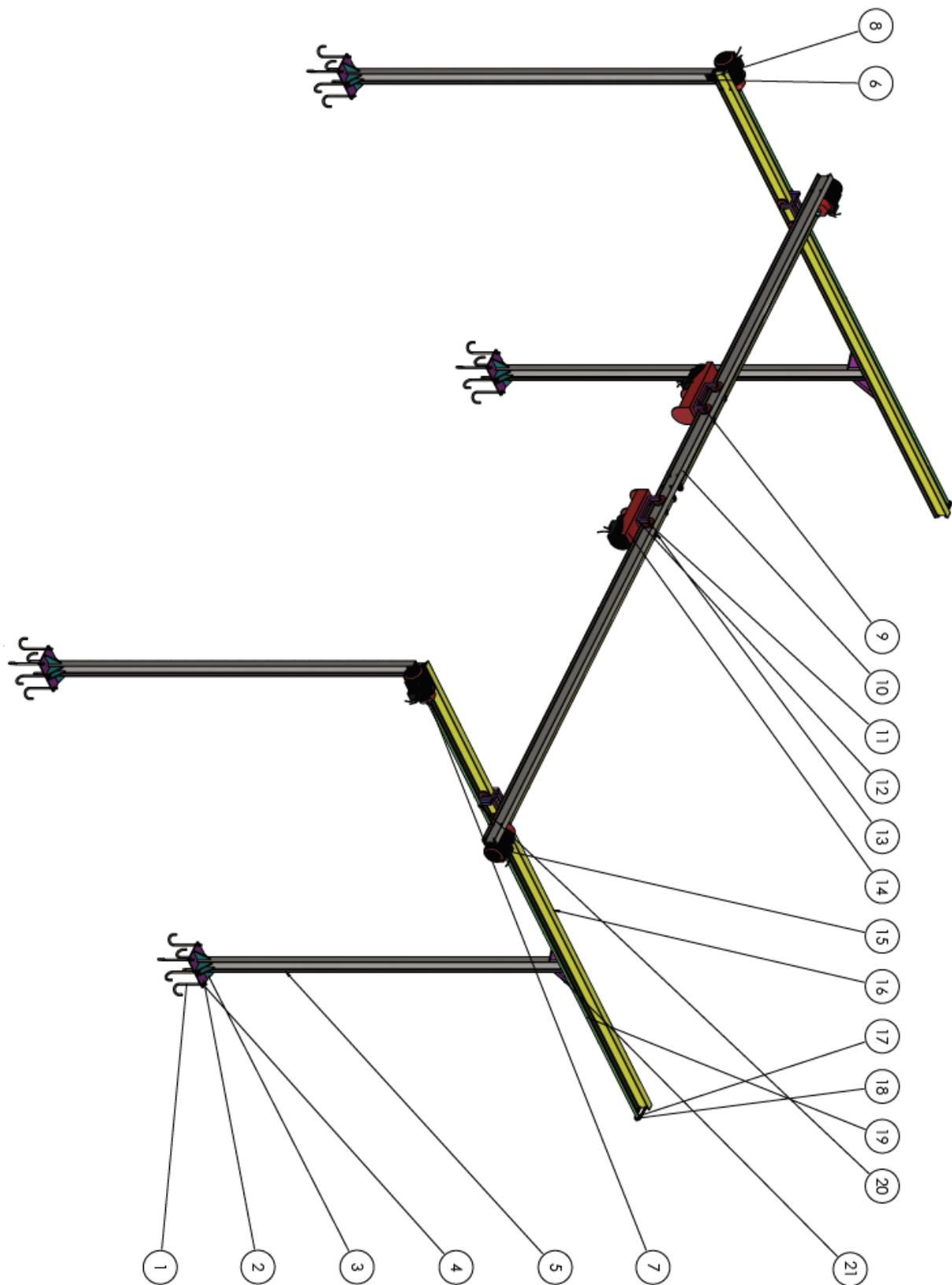


Figure II.15 : Système de levage et manutention dessiné par SolidWorks®

Tableau II.10 : Caractéristiques et désignations des éléments de système de manutention proposé

N°	Désignations	Quantités	Matériaux
1	Tige fileté	24	Acier ASTM A36
2	La base de poteau	4	Acier S235 JR
3	Pied de poteau	24	Acier ASTM A36
4	Écrou M16	24	Acier ASTM A36
5	Poteau IPE140	24	Acier S235 JR
6	Boulon M10	24	Acier ASTM A36
7	Raccord (moteur-vis)	4	Acier ASTM A36
8	Raccord du deux IPE	2	Acier ASTM A36
9	Chariot	4	Acier S235 JR
10	Travers IPE 140 (9m)	1	Acier S235 JR
11	Roulement	4	Acier ASTM A36
12	Carcasse chariot	4	Acier ASTM A36
13	Couvre joint	4	Acier ASTM A36
14	Monte-charge	2	/
15	Moteur	2	/
16	Travers IPE140 (6m)	2	Acier S235 JR
17	Support de vis	4	Acier ASTM A36
18	Roulement	4	Acier ASTM A36
19	Vis M24 (5,4,3m)	4	Acier S235 JR
20	Ecrou m24	8	Acier S235 JR
21	Cornière	4	Acier S235 JR

9. Assemblage de système de manutention et levage :

9.1. Assemblage de poteau au sol :

L'assemblage de poteaux au sol s'effectue en soudant les pieds de poteau à la poutre et à la base du poteau, qui va être assemblée aux tiges filetées qui assure la fixation de poteau au sol avec le béton (**Figure II.16**).

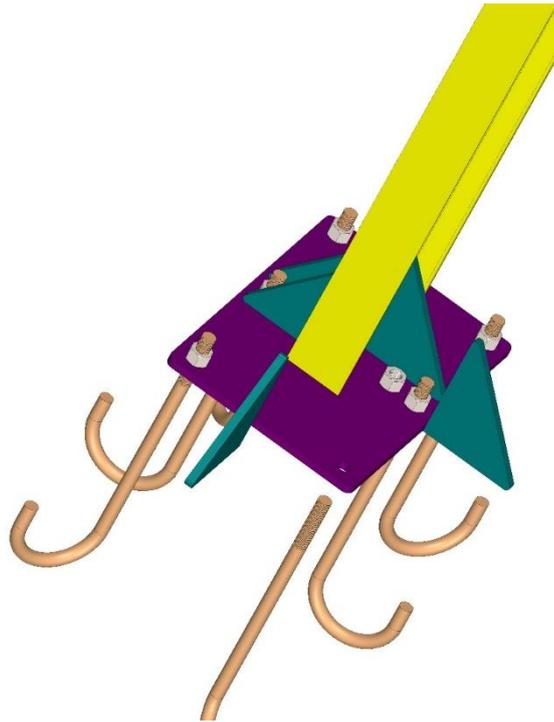


Figure II.16 : Assemblage des poteaux

9.2. Assemblage de poteau avec la traverse :

L'assemblage des poteaux aux traverses s'effectue par le boulonnage des deux poutres avec les poteaux par des cornières de semelle sur les deux côtés des traverses (**Figure II.17**).

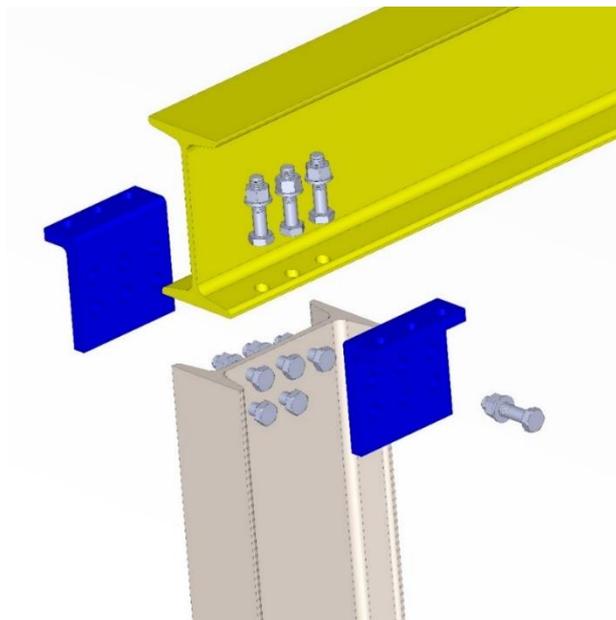


Figure II.17 : Assemblage de traverse avec le poteau

9.3. Assemblage de moteur et la tige filetée :

L'assemblage de moteur avec la tige fileté qui assure la translation de traverse mobile contenant les palans électriques, s'effectue par une bague qui relie entre les deux qui va être vissée (**Figure II.18**).

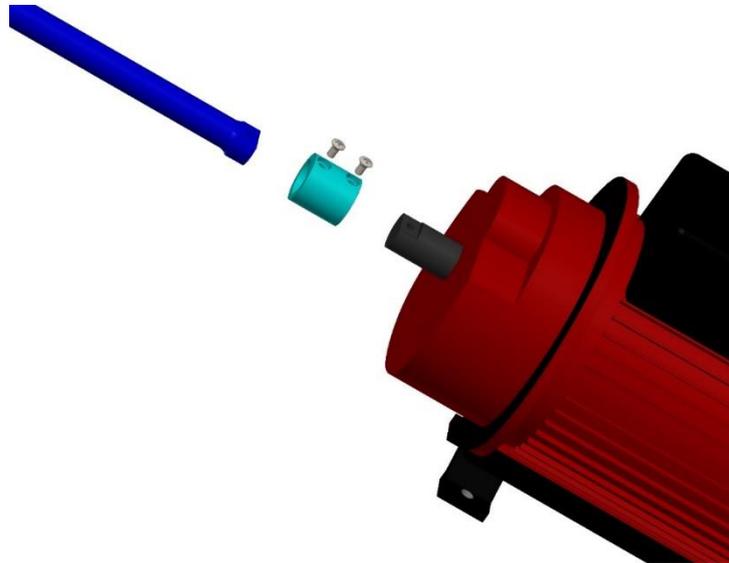


Figure II.18 : Assemblage de moteur avec la tige filetée

9.4. Assemblage de chariot et les roues :

L'assemblage de chariot avec les roues s'effectue avec des roulements entre la roue et le pied de chariot pour assurer la translation de traverse mobile.

Pour assurer la fixation des roues aux pieds de chariot, nous avons choisi un assemblage avec boulonnage, ou nous avons ajouté un trou taraudé au pied du chariot pour fixer chaque roue par un boulon et une rondelle (**Figure II.19**).

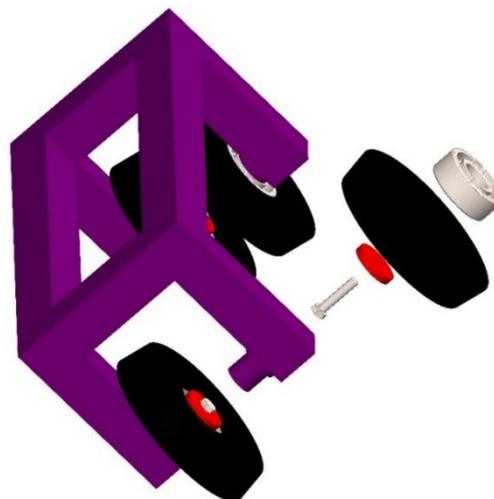


Figure II.19 : Assemblage de chariot et les roues

9.5. Assemblage de moteur de translation avec traverse :

C'est un assemblage boulonné entre les pieds de moteur et la traverse mobile pour assurer le déplacement des palans électrique (**Figure II.20**).

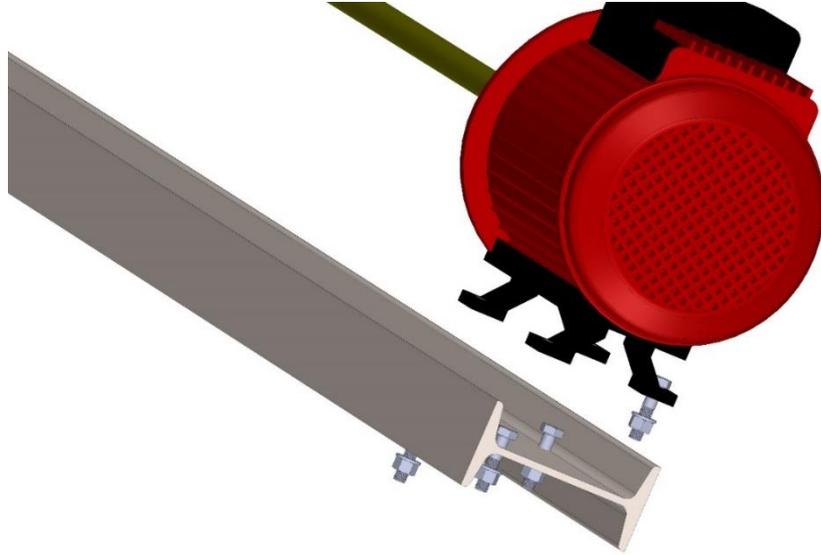


Figure II.20 : Assemblage de moteur sur la traverse

9.6. Assemblage de traverse avec le chariot de translation :

C'est un assemblage fixe et permanent avec soudage pour que la traverse mobile peut se translate sur les traverses fixes du poteau (**Figure II.21**).

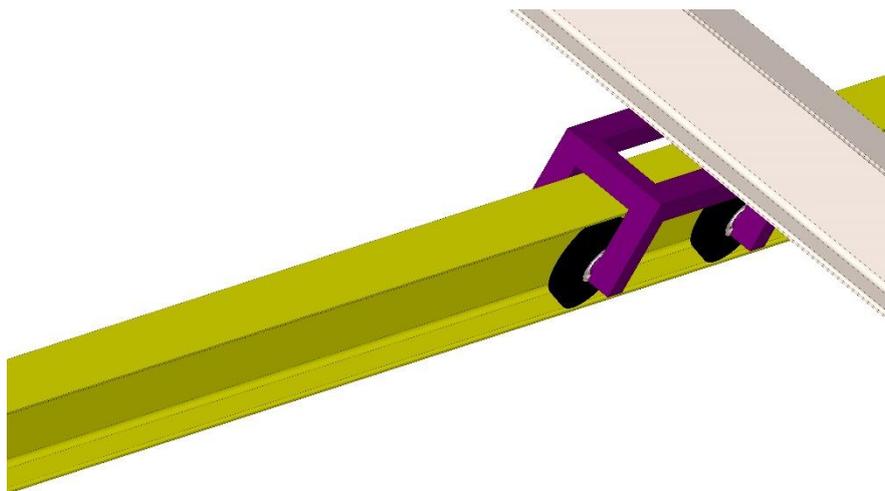


Figure II.21 : Assemblage de traverse avec le chariot

9.7. Assemblage de support de vis à la traverse :

Cet assemblage s'effectue par des boulons (**Figure II.22**).

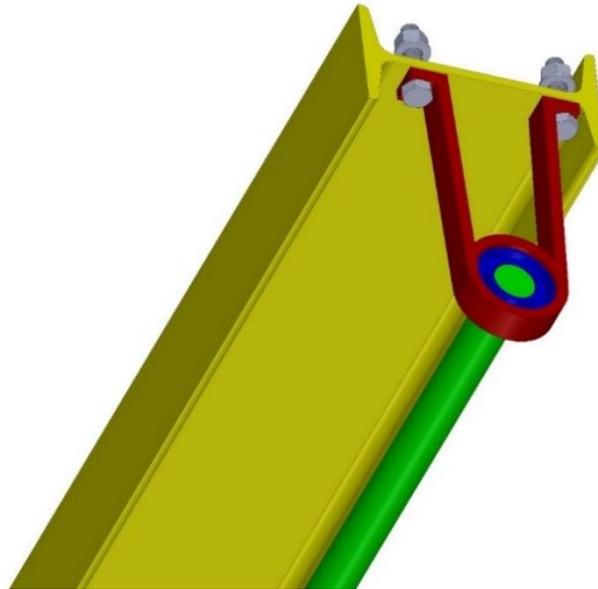


Figure II.22 : Assemblage de support de vis à la traverse

9.8. Assemblage des traverses aux poteaux :

Pour l'assemblage des traverses aux poteaux dans la zone où se translate la traverse mobile, on ne peut pas utiliser des boulons, donc nous avons choisi l'assemblage par soudage en ajoutant des cornières (**Figure II.23**).

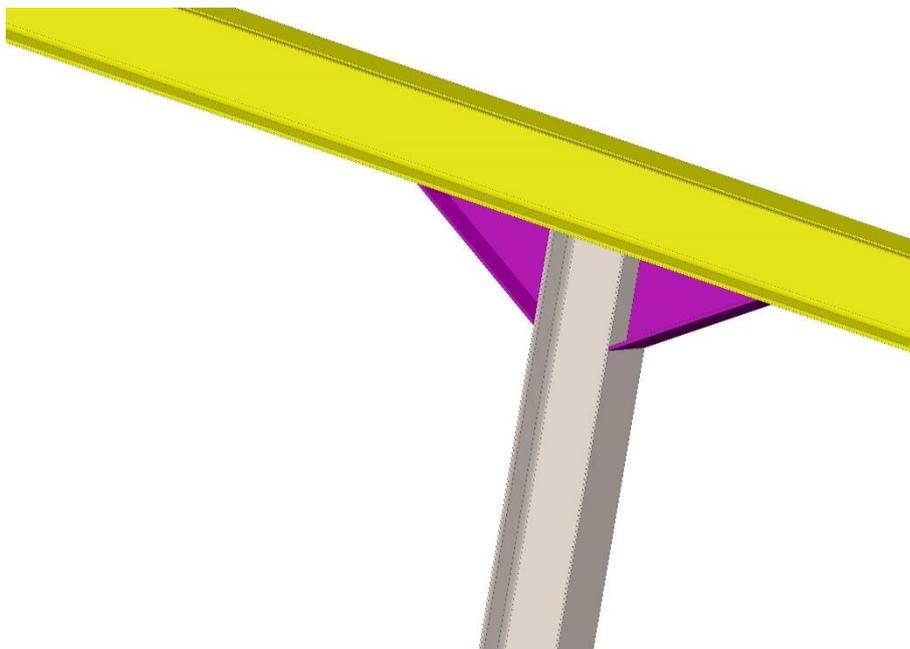


Figure II.23 : Assemblage des traverses aux poteaux

Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre les détails de la conception de notre système de manutention et levage par logiciel de conceptions SolidWorks®. Les différentes dimensions, matériaux, charges, réactions, liaisons, assemblages et caractéristiques géométriques et mécaniques de la tôle 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 système de levage et manutention pendant les conditions de fonctionnement.

Chapitre III

Simulation numérique de système de manutention et 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 des éléments du système de levage et manutention 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 phénomène, un système par un modèle plus simple mais ayant un comportement analogue.

Le système ou 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'évolution de l'environnement, ou aussi normatif (décisionnel) : en simulant plusieurs décisions envisagées choisir la meilleure ou la moins mauvaise [33].

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 élément 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 utilisés 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 [34].

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 [34].

1.4. Fonctionnalités de SolidWorks Simulation :

Avec logiciel SolidWorks simulation, il est possible [35] :

- Intégration totale dans l'interface du logiciel de CAO 3D SolidWorks,
- Prise en charge des configurations et des matériaux SolidWorks CAO,
- Prévission 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 [36].

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 système de levage et manutention 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 de chaque élément.

3.1 Analyse et simulation de traverse mobile :

Le modèle étudié dans cette sous-section est la traverse mobile, le but de cette étude sur la traverse est de vérifier la déformation de cette dernière dans les conditions de levage.

On donne dans la **Figure III.1** la présentation de système de manutention en montrant l'endroit de la traverse mobile.

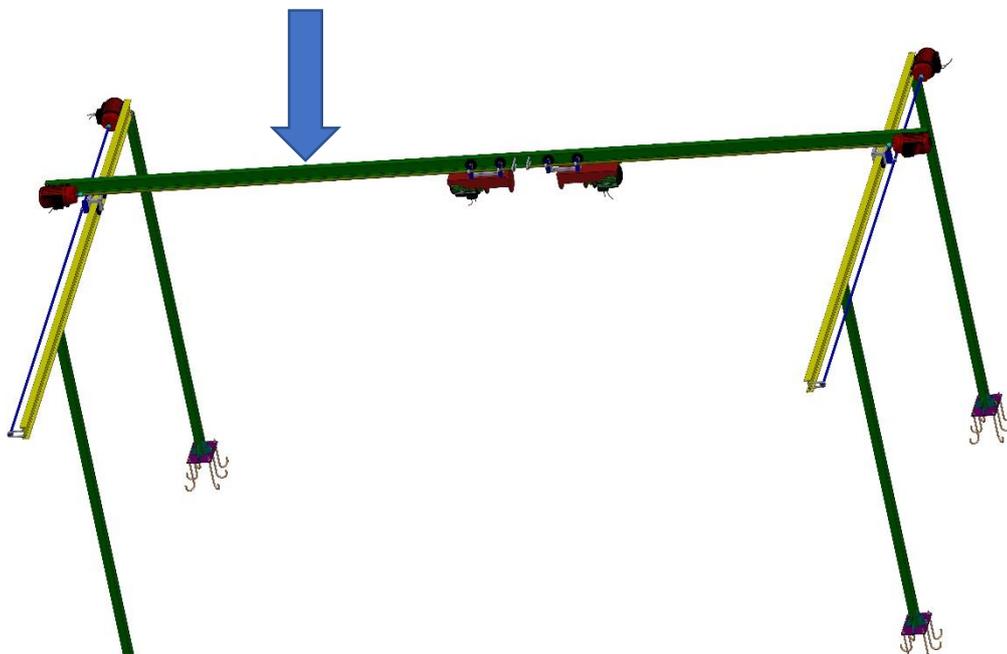


Figure III.1 : Position de traverse mobile dans le système

3.1.1 Charges et condition aux limites :

La charge et les conditions aux limites appliquées sur la traverse mobile sont :

- Une charge appliquée par le poids de la tôle de 200 Kg est de 1962N.
- Une autre charge appliquée par les palans de 64 Kg est de 627.84N.

Donc :

- Une charge répartie appliquée par les poids de la tôle et le palan électrique sur une surface S au long de la traverse **F=2590N**.
- Géométrie fixe (encastrement) appliquée sur les extrémités de la traverse.

Dans notre cas nous avons choisi d'appliquer la charge dans le milieu de la traverse où se présente la zone la plus faible.

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

Model name: sb_beam_iso
Study name: Static 2 (sb_140x15x9000)
Mesh type: Solid Mesh



Figure III.2 : Traverse mobile 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 la traverse mobile, l'étape suivante dans la simulation est le maillage du modèle. La **Figure III.3** présente la traverse mobile sous une densité moyenne de maillage par l'élément tétraédrique.

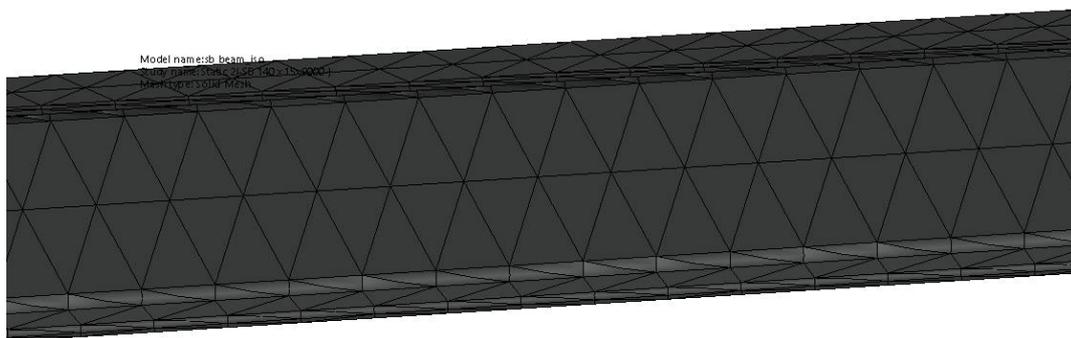


Figure III.3 : Maillage de traverse mobile

3.1.3 Résultats de la simulation :

La traverse mobile est réalisée, 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 contrainte équivalente appliquée sur la traverse mobile est représenté sur la **Figure III.4**. Sur cette figure on remarque que les contraintes maximales sont situées dans la zone d'application des charges réparties (sous l'effet des poids de la tôle et du palan électrique) et a la zone où il y a l'encastrement (sous l'effet des réactions des appuis). Cette figure montre aussi que la valeur maximale de contrainte est égale à presque 50.5 MPa et que cette valeur est inférieure à limite élastique de matériau.

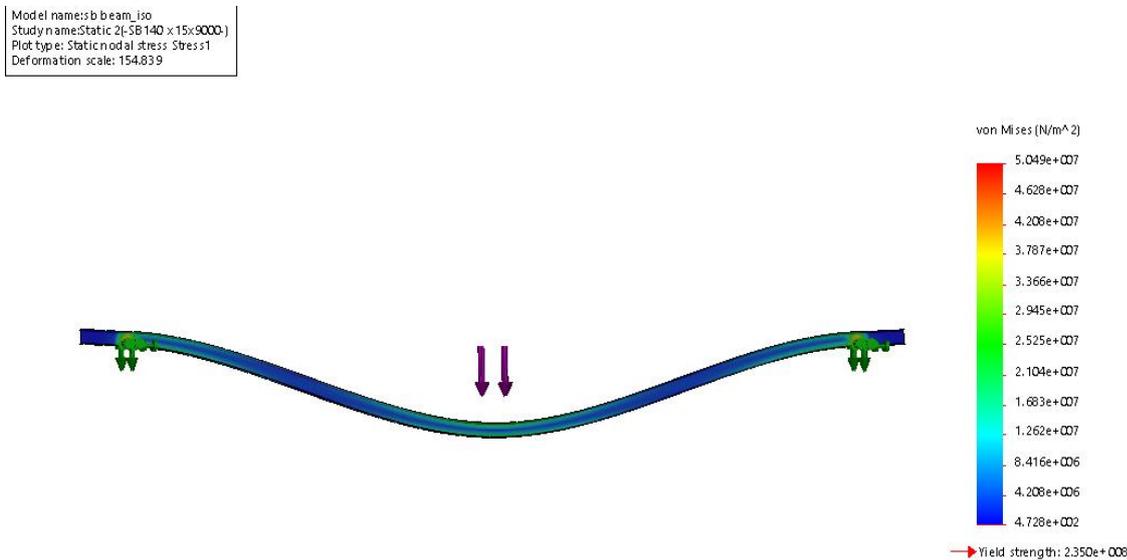


Figure III.4 : Distribution des contraintes équivalentes sur la traverse mobile

b. Champ de déplacement :

Les résultats présentés dans la **Figure III.5**, montrent le champ de déplacement de traverse sous l'effet des contraintes appliquées par la tôle et le palan électrique. Sur cette figure, on note que les déplacements maximaux sont situés dans la zone d'application des charges, on remarque aussi que la valeur maximale de déplacement est d'environ 5 mm. Cette valeur est presque négligeable devant la taille de traverse.

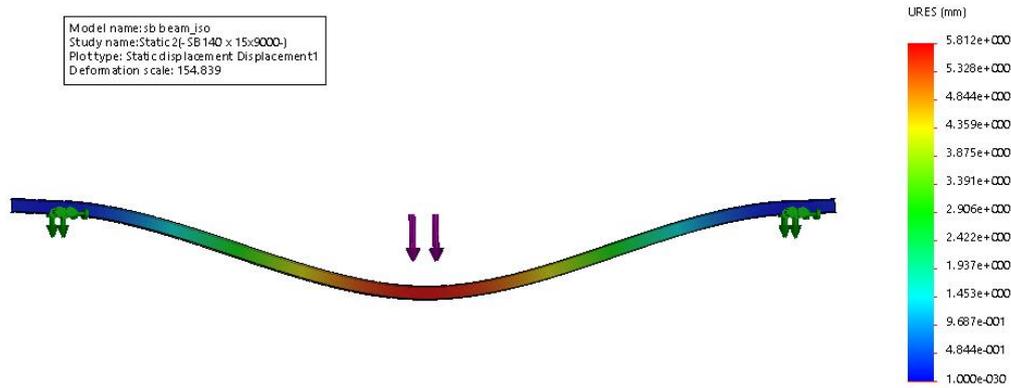


Figure III.5 : Distribution de champ de déplacement de traverse mobile

c. Champ de déformation :

La **Figure III.6** montre la déformation de traverse sous l'effet des charges et des conditions aux limites appliquées. D'après cette figure, il apparaît que la déformation maximale se présente dans la surface d'application de charge (le milieu de la traverse). Par ailleurs, les zones de déformation maximales se situent dans les surfaces des déplacements maximaux (**Figure III.5**). Cependant, cette déformation est de l'ordre de 10^{-4} (presque négligeable). À partir de là, on peut conclure que le poids de la tôle et du palan électrique ne détruit pas la traverse mobile.

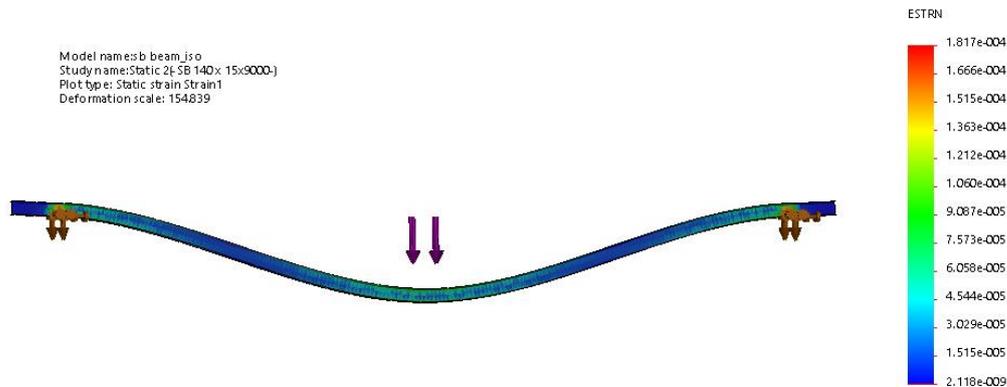


Figure III.6 : Distribution de champ de déformation de traverse mobile

d. Coefficient de sécurité :

Afin de valider la conclusion que la traverse mobile n'est pas détruite. Nous présenterons la distribution du coefficient de sécurité sur cette dernière. La **Figure III.7** 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

presque 5. Par conséquent, on peut conclure que la limite élastique du matériau est égale à 5 fois la valeur de contrainte maximale. Et donc la traverse mobile ne se déforme pas pendant le déplacement de la tôle et du palan électrique.

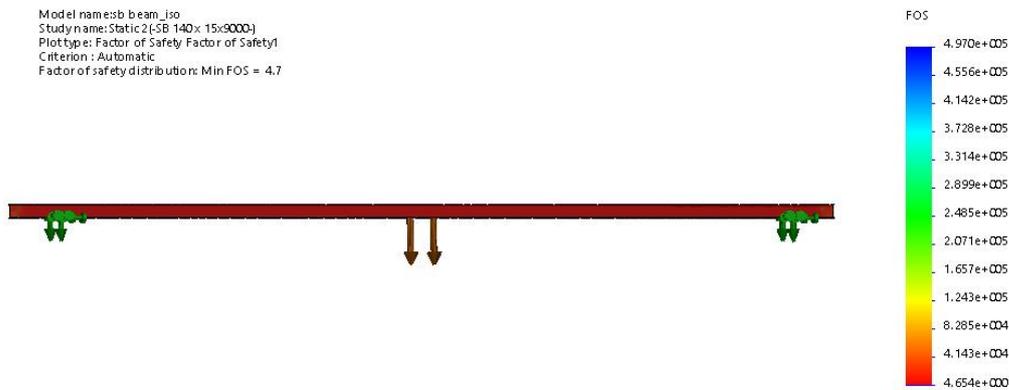


Figure III.7 : Distribution du coefficient de sécurité sur la traverse mobile

Après l'étude de traverse mobile, on passe maintenant à l'analyse et simulation des traverses fixées aux poteaux.

3.2 Analyse et simulation des traverses fixées aux poteaux :

Le modèle étudié dans cette sous-section est les traverses fixées aux poteaux de système de manutention que nous avons proposé. Le but de cette étude est de vérifier la déformation de ce dernier dans les conditions de levage.

La **Figure III.8** montre le système de manutention globale et les positions des traverses fixes.



Figure III.8 : Positions des traverses fixes dans le système

3.2.1 Charges et condition aux limites :

Les charges et les conditions aux limites appliquées sur les traverses fixes sont :

- Une charge appliquée par le poids de la tôle de 1962N.
- Une deuxième charge appliquée par le poids des palans de 627.84N.
- Une troisième charge de moitié de traverse mobile de 568.89N.

Donc en globale :

- La somme des charges appliquées sur les traverses fixes est de **F=3158.73N**.
- Géométrie fixe (encastrement) appliquée par les deux poteaux sur les traverses fixes.

L'application de la charge est choisie à l'extrémité libre de la traverse.

La **Figure III.9** montre une représentation graphique d'une seule traverse fixe, dessinée par SolidWorks®, sous l'effet des charges réparties et des conditions aux limites.

Model name:travers_avec_trous
Study name:Static 3(-Défaut-)
Mesh type: Solid Mesh



Figure III.9 : Traverse fixe sous charges réparties et conditions aux limites

3.2.2 Maillage de modèle :

Après l'introduction des conditions aux limites et les forces appliquées sur la traverse fixe, l'étape suivante dans la simulation est de mailler le modèle. La **Figure III.10** présente la traverse fixe sous une densité moyenne de maillage par l'élément volumique tétraédrique.

Model name:travers_avec_trous
Study name:Static 2(-Défaut-)
Mesh type: Solid Mesh

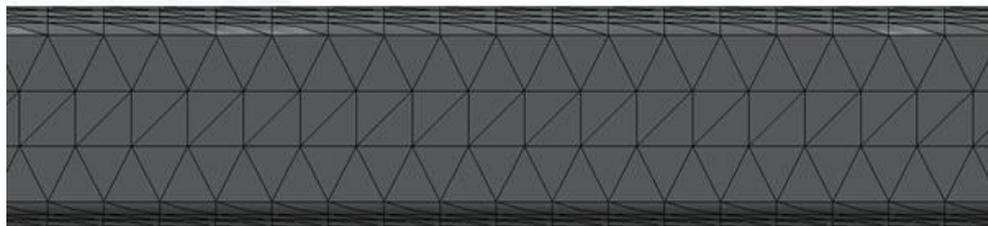


Figure III.10 : Maillage de traverse fixe

3.2.3 Résultats de la simulation :

La traverse est réalisée, 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 des contraintes équivalentes appliqué sur la traverse fixe est représenté sur la **Figure III.11**. Sur cette figure on remarque que les contraintes maximales se situent dans la zone d'application de charge. Cette figure montre aussi que la valeur maximale de contrainte est égale à 106 MPa et que cette valeur est inférieure à limite élastique de matériau.

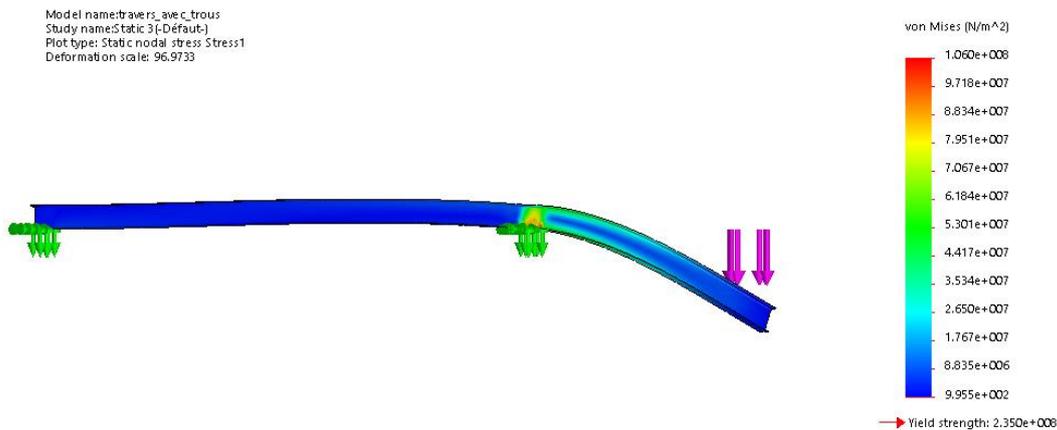


Figure III.11 : Distribution des contraintes équivalentes sur la traverse fixe

b. Champ de déplacement :

Les résultats présentés dans la **Figure III.12**, montrent le champ de déplacement de traverse fixe sous l'effet des contraintes appliquées. Sur cette figure, on note que les déplacements maximaux sont situés dans les zones d'application des charges, on remarque aussi que la valeur maximale de déplacement est d'environ 6.2 mm. Cette valeur est presque négligeable devant la taille de traverse.

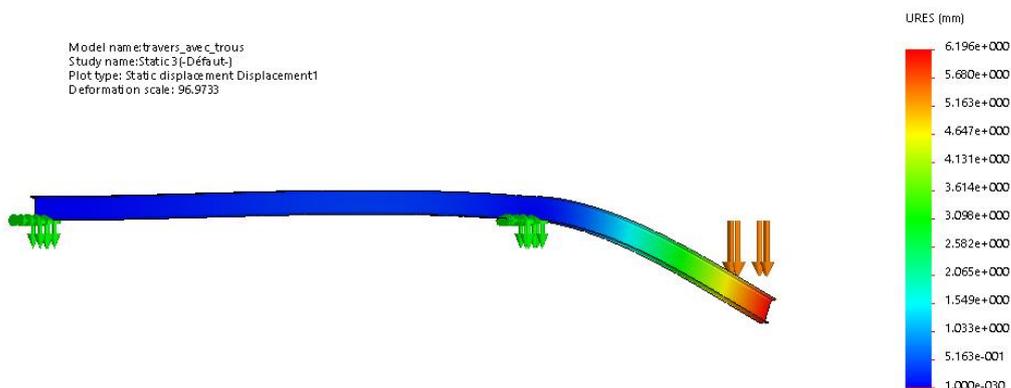


Figure III.12 : Distribution de champ de déplacement de traverse fixe

c. Champ de déformation :

La **Figure III.13** montre la déformation de traverse fixe sous l'effet des forces et des conditions aux limites appliquées. D'après cette figure, il apparaît que la déformation maximale se présente dans la zone de l'application de la charge. Cependant, cette déformation est de l'ordre de 10^{-4} (presque négligeable). On peut conclure que le traverse fixe ne se déforme pas sous les conditions de levage.

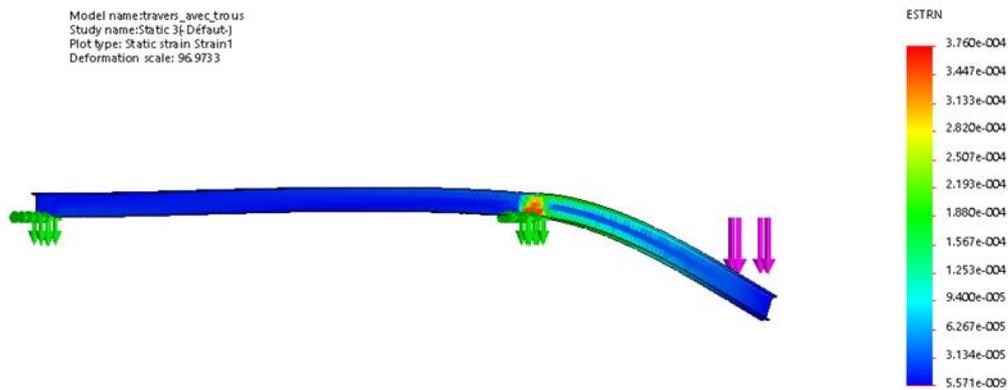


Figure III.13 : Distribution de champ de déformation de traverse fixe

d. Coefficient de sécurité :

Afin de valider la conclusion que la traverse fixe n'est pas détruite. Nous présenterons la distribution du coefficient de sécurité sur cette dernière. La **Figure III.14** 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 2. Par conséquent, on peut conclure que la limite élastique du matériau est égale à 2 fois la valeur de contrainte maximale. Et donc le support ne se déforme pas pendant le déplacement de la tôle.

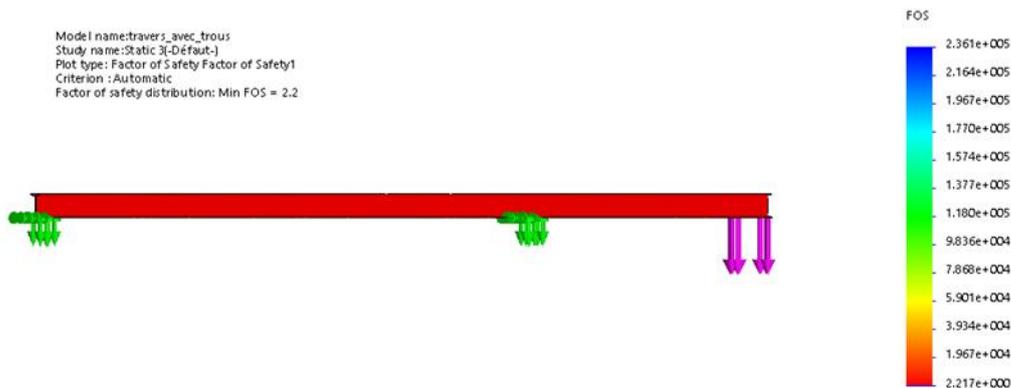


Figure III.14 : Distribution du coefficient de sécurité sur la traverse fixe

3.3 Analyse et simulation des poteaux :

Le modèle étudié dans cette sous-section est les poteaux de système de manutention que nous avons proposé. Le but de cette étude est de vérifier la déformation de ce dernier dans les conditions de levage.

3.3.1 Charges et condition aux limites :

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

- Une charge appliquée par le poids de la tôle de 1962N.
- Une charge appliquée par le poids des palans de 627.84N.
- Une charge de la moitié de traverse mobile de 568.89N.
- Une charge de moitié de traverse fixe de 379.26N.

Donc :

- La charge appliquée par l'ensemble des traverses et la tôle $F=3537.26N$ à l'extrémité supérieure.
- Géométrie fixe (encastrement) appliquée sur l'autre extrémité.

La **Figure III.15** montre une représentation graphique du poteau, dessinée par SolidWorks®, sous l'effet des charges et des conditions aux limites.

Model name: poteau_avec_les_trous
Study name: Statu c 2 (5 B 140 x 15 x 4000)
Mesh type: Solid Mesh

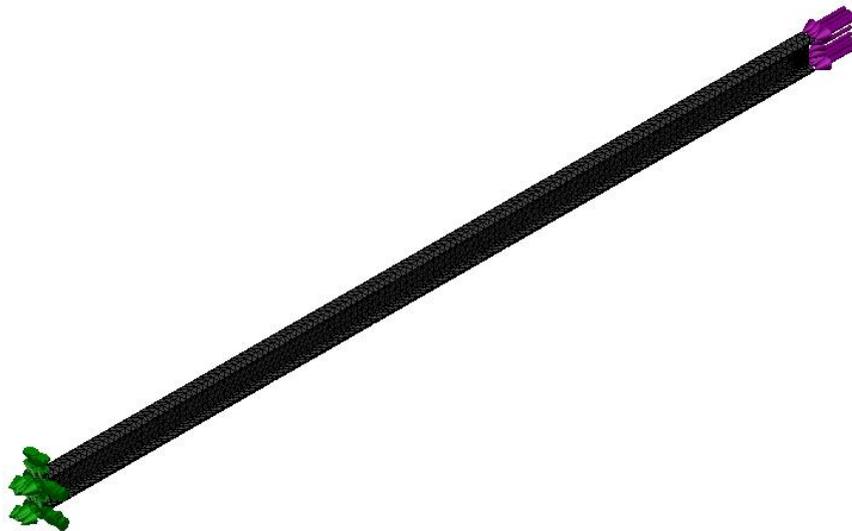


Figure III.15 : Poteaux sous charges et conditions aux limites

3.3.2 Maillage de modèle :

Après l'introduction des conditions aux limites et les charges sur les poteaux, l'étape suivante dans la simulation est de mailler le modèle. La **Figure III.16** présente le poteau sous une densité moyenne de maillage par l'élément tétraédrique.

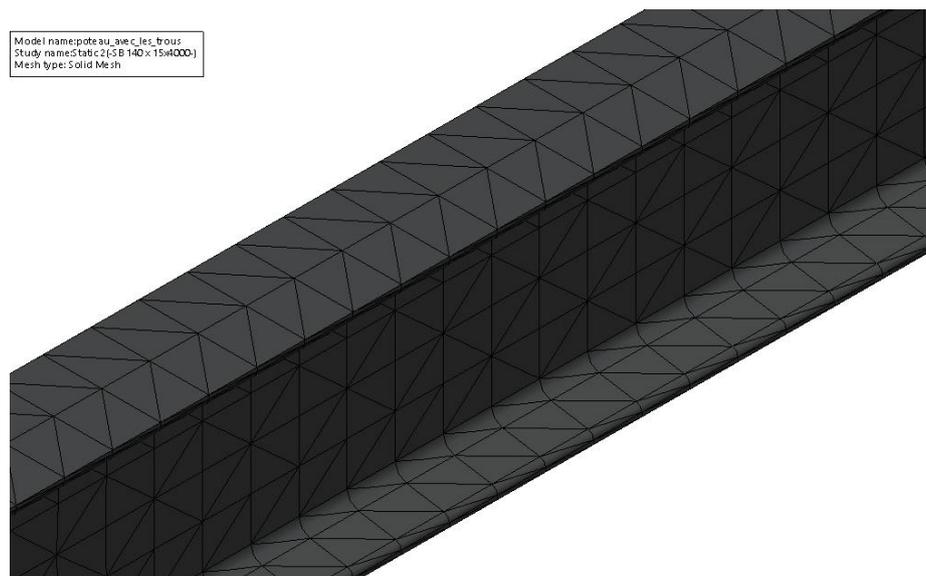


Figure III.16 : Maillage des poteaux

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 des contraintes équivalentes appliquées sur les poteaux est représenté sur la **Figure III.17**. Sur cette figure on remarque que les contraintes maximales se situent dans l'extrémité d'application des forces. Cette figure montre aussi que la valeur maximale de contrainte est égale à presque 5 MPa et que cette valeur est inférieure à limite élastique de matériau.

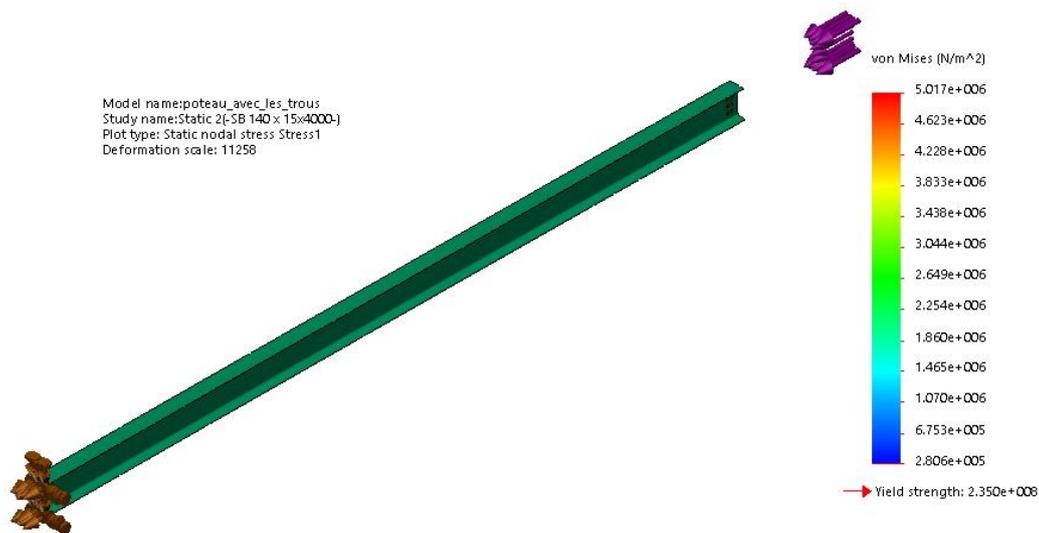


Figure III.17 : Distribution des contraintes équivalentes sur les poteaux

b. Champ de déplacement :

Les résultats présentés dans la **Figure III.18**, montrent le champ de déplacement des poteaux sous l'effet des contraintes appliquées. Sur cette figure, on note que les déplacements maximaux sont situés dans la zone d'application des charges (extrémité supérieure), on note aussi que la valeur maximale de déplacement est d'environ 0.04 mm. Cette valeur est négligeable devant les dimensions des poteaux.

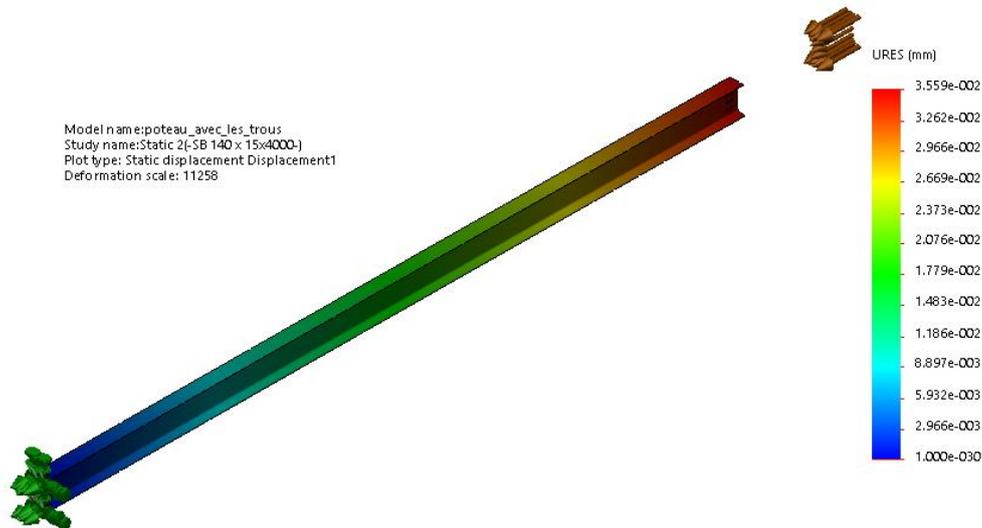


Figure III.18 : Distribution de champ de déplacement des poteaux

c. Champ de déformation :

La **Figure III.19** montre la déformation des poteaux sous l'effet des forces et des conditions aux limites appliquées. D'après cette figure, il apparaît que la déformation maximale se présente dans l'extrémité supérieure du poteau (zone d'application de la force). Cependant, cette déformation est de l'ordre de 10^{-5} (presque négligeable). On peut conclure que les poteaux ne se déforment pas sous les conditions de levage.

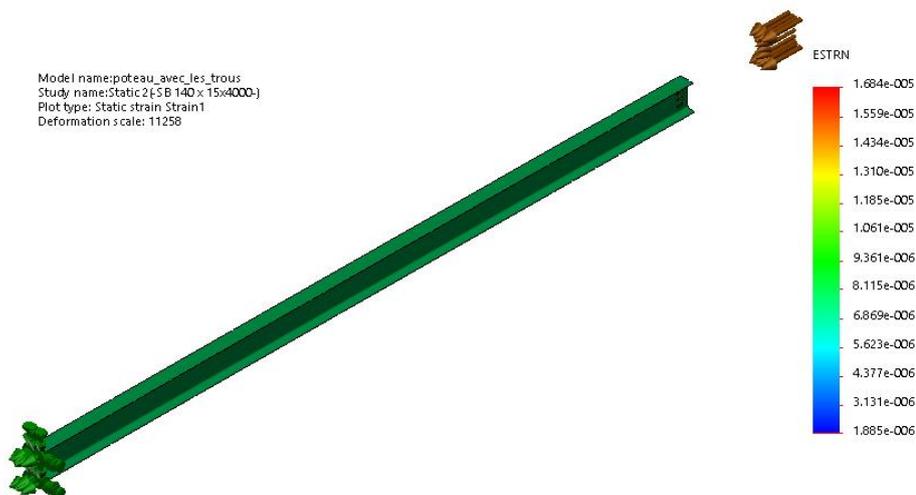


Figure III.19 : Distribution de champ de déformation des poteaux

d. Coefficient de sécurité :

Afin de valider la conclusion que les poteaux n'endommagent pas sous les conditions de levage. Nous présenterons la distribution du coefficient de sécurité sur ces derniers. La **Figure III.20** montre cette distribution. L'analyse des résultats présentés sur cette figure montre que la valeur minimale de coefficient de sécurité est égale 47. Par conséquent, les poteaux ne se déforment pas pendant le fonctionnement.



Figure III.20 : Distribution du coefficient de sécurité sur les poteaux

3.4 Analyse et simulation des chariots :

Le modèle étudié dans cette partie est les chariots, ces éléments sont l'intermédiaire entre la traverse mobile et les traverses fixes, et entre les palans électriques et la traverse mobile. Son rôle est de faciliter la translation de traverse mobile sur les traverses fixes, ainsi la translation des palans électriques sur la traverse mobile.

3.4.1 Charges et condition aux limites :

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

- Une charge de 1962 N appliquée par le poids de la tôle.
- La charge de 627.84 N appliquée par le poids des palans.
- La charge de 568.89 N appliquée par moitié de traverse mobile.

Donc :

- La charge globale appliquée sur le chariot par la traverse mobile et l'ensemble de palan et la tôle est de **F=3158.73 N**
- Un encastrement (appui plan) sur les pieds de chariot.

La **Figure III.21** montre une représentation graphique d'un chariot, dessinée par SolidWorks®, sous l'effet des charges réparties et des conditions aux limites.

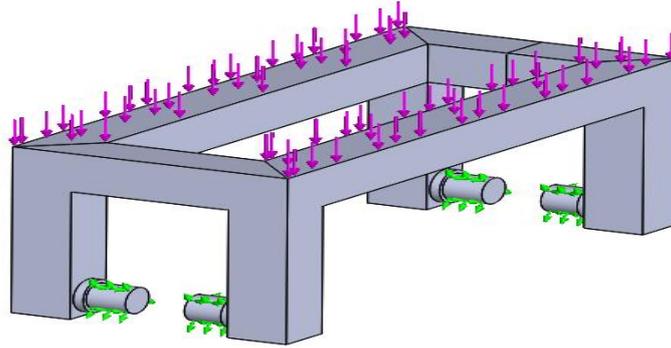


Figure III.21 : Chariot sous forces appliquées et conditions aux limites

3.4.2 Maillage de modèle :

Après l'introduction des conditions aux limites et les charges appliquées sur le chariot, maintenant on passe au maillage de modèle. La **Figure III.22** présente aussi le chariot sous une densité moyenne pour le maillage par l'élément tétraédrique.

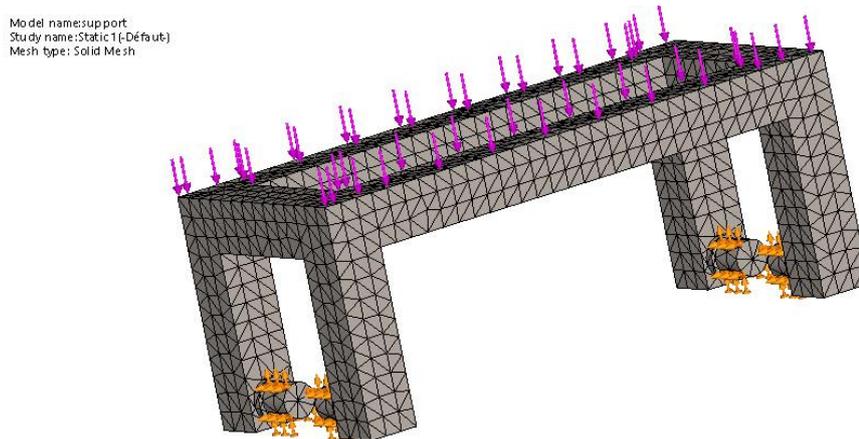


Figure III.22 : Représentation géométrique de maillage de chariot

3.4.3 Résultats de la simulation :

Le chariot 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 des contraintes équivalentes appliquées sur le chariot est représenté sur la **Figure III.23**. Sur cette figure on remarque que les contraintes maximales se situent dans les zones d'application des charges réparties. On remarque aussi que la valeur maximale de contrainte est égale à presque 53.7 MPa et que cette valeur est inférieure à limite élastique de matériau.

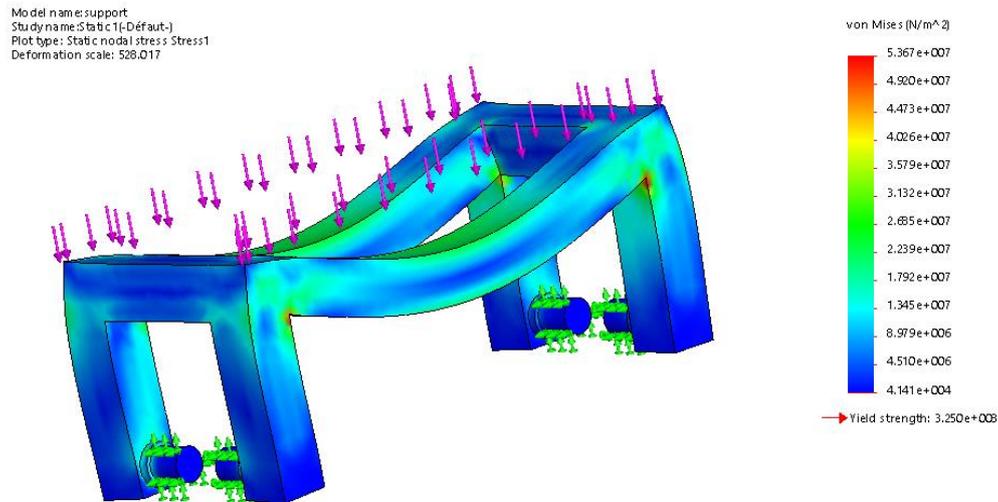


Figure III.23 : Distribution des contraintes équivalentes sur le chariot

b. Champ de déplacement :

Les résultats présentés dans la **Figure III.24**, montrent le champ de déplacement de chariot sous l'effet des contraintes appliquées. D'après cette figure, on note que les déplacements maximaux sont situés dans les zones d'application des charges (**Figure III.23**), on remarque aussi que la valeur maximale de déplacement est d'environ 0.063 mm.

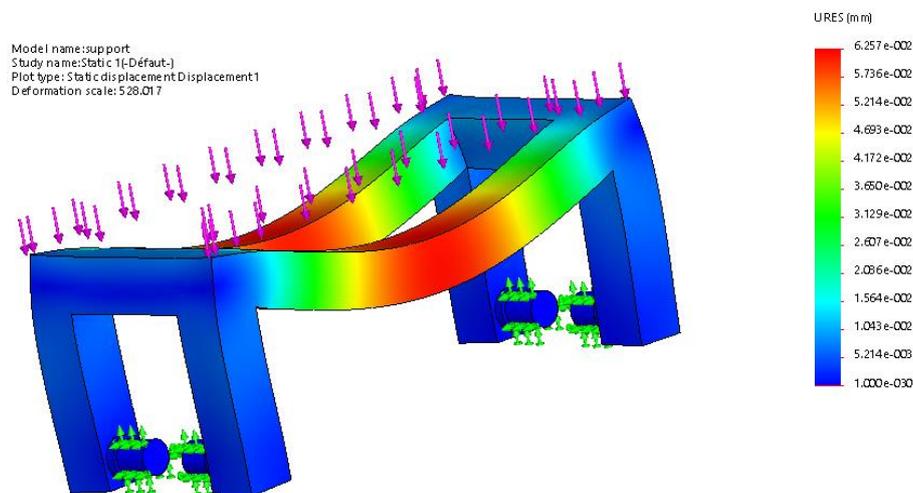


Figure III.24: Distribution de champ de déplacement sur le chariot

c. Champ de déformation :

La **Figure III.25** montre la déformation de chariot sous l'effet des charges et des conditions aux limites appliquées. D'après cette figure, il apparaît que la déformation maximale se présente dans la zone d'application des charges. Cependant, cette déformation est de l'ordre de 10^{-4} (presque négligeable).

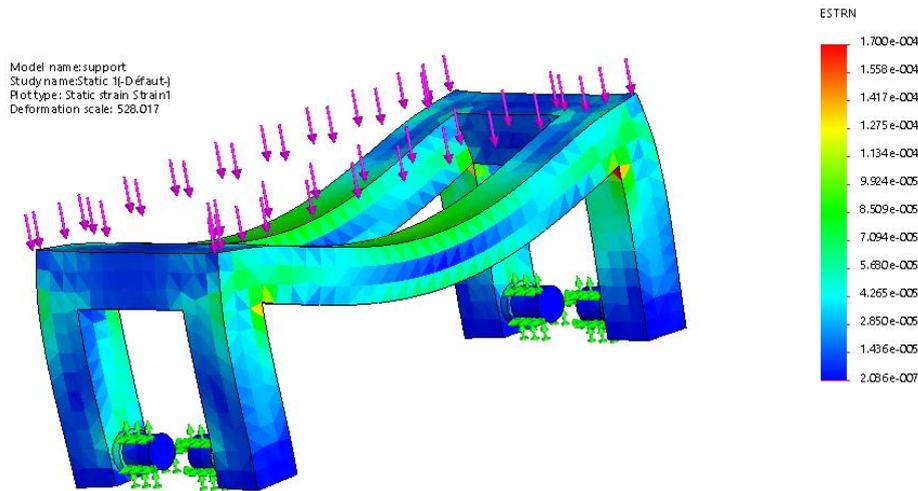


Figure III.25 : Distribution de champ de déformation des chariots

d. Coefficient de sécurité :

Afin de vérifier que le chariot ne se détruit pas pendant le fonctionnement de système. Nous présenterons la distribution du coefficient de sécurité. La **Figure III.26** montre cette distribution du coefficient de sécurité. L'analyse des résultats montre que la valeur minimale de coefficient de sécurité est égale 6. Par conséquent, on peut conclure que la limite élastique du matériau est égale à 6 fois la valeur de contrainte maximale. Et donc le chariot ne se déforme pas pendant la manutention et levage de la tôle.

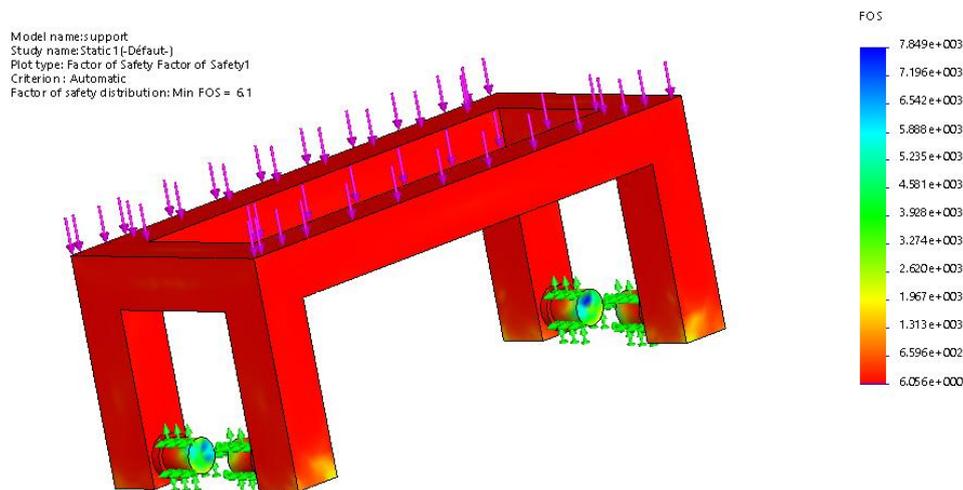


Figure III.26 : Distribution du coefficient de sécurité sur les chariots

3.5 Analyse et simulation des roues :

Dans cette sous-section, le modèle étudié est la roue située dans le chariot, elle représente la liaison entre le chariot et le traverse fixe. Le but de cette simulation de la roue 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 roue sont :

- Une charge de 1962 N appliquée par le poids de la tôle.
- Une charge de 627.84 N appliquée par le poids des palans.
- Une charge de 568.89 N appliquée par la moitié de traverse mobile.
- Une charge de 379.26 N appliquée par la moitié de traverse fixe.

Donc en globale :

- Une charge globale appliquée par les poids des éléments cité précédemment se résume dans les pieds de chariot et égale à $F = (1962 + 627.84 + 568.89 + 379.26) / 4 = 884.31$ N
- Un appui plan a la zone de contact avec traverse fixe.

La **Figure III.27** montre une représentation graphique des roues, dessinée par SolidWorks®, sous l'effet des charges réparties et des conditions aux limites.

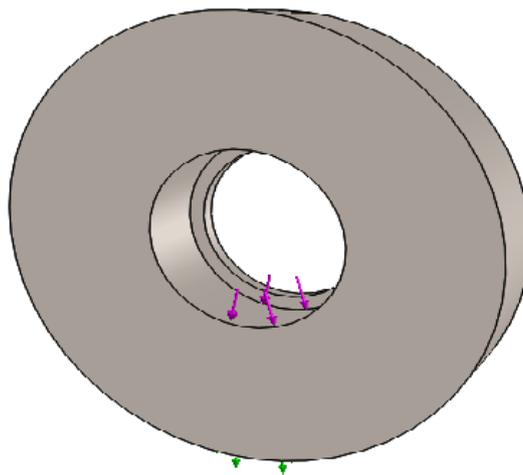


Figure III.27 : Roue sous forces appliquées et conditions aux limites

3.5.2 Maillage de modèle :

Après l'introduction des conditions aux limites et les charges appliquées sur la roue, maintenant on passe au maillage de modèle. La **Figure III.28** présente aussi ces roues sous une densité moyenne pour le maillage par l'élément tétraédrique.

Model name:roue
Study name:Static 1(-Défaut-)
Mesh type:Solid Mesh

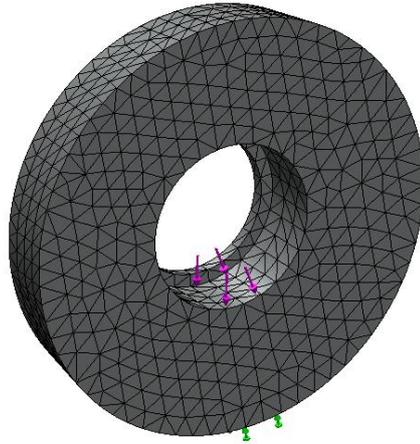


Figure III.28 : Maillage des roues

3.5.3 Résultats de la simulation :

La roue est dessinée, 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 des contraintes équivalentes appliquées sur la roue est représenté sur la **Figure III.29**. On remarque que les contraintes maximales se situent dans la zone d'application des charges et dans la zone de réaction de traverse fixe. Cette figure montre aussi que la valeur maximale de contrainte est égale à presque 15.9 MPa et que cette valeur est inférieure à limite élastique de matériau.

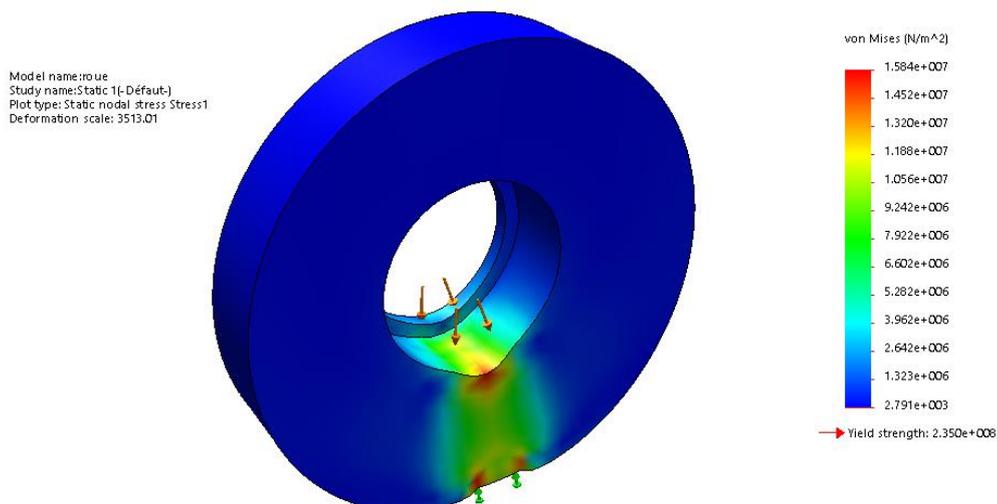


Figure III.29 : Distribution des contraintes équivalentes sur les roues

b. Champ de déplacement :

Le résultat présenté dans la **Figure III.30**, montrent le champ de déplacement des roues sous l'effet des contraintes appliquées. D'après cette figure, on note que les déplacements maximaux sont situés dans la zone d'application des charges et la zone de réaction de traverse sur la roue, on remarque aussi que la valeur maximale de déplacement est d'environ 0.004 mm.

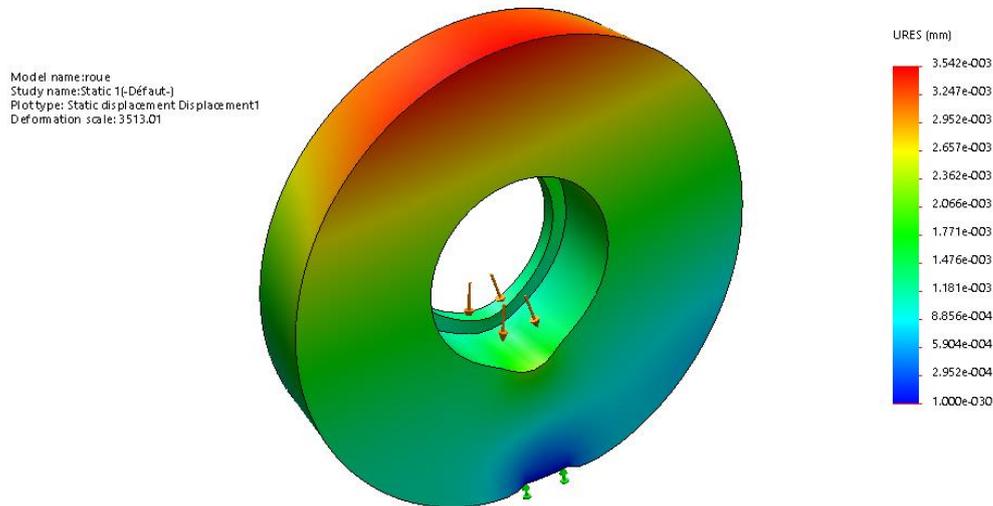


Figure III.30 : Distribution de champ de déplacement sur les chariots

c. Champ de déformation :

La **Figure III.31** montre la déformation de la roue 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 la roue et le pied de chariot et avec la traverse fixe. Cependant, cette déformation est de l'ordre de 10^{-5} (presque négligeable).

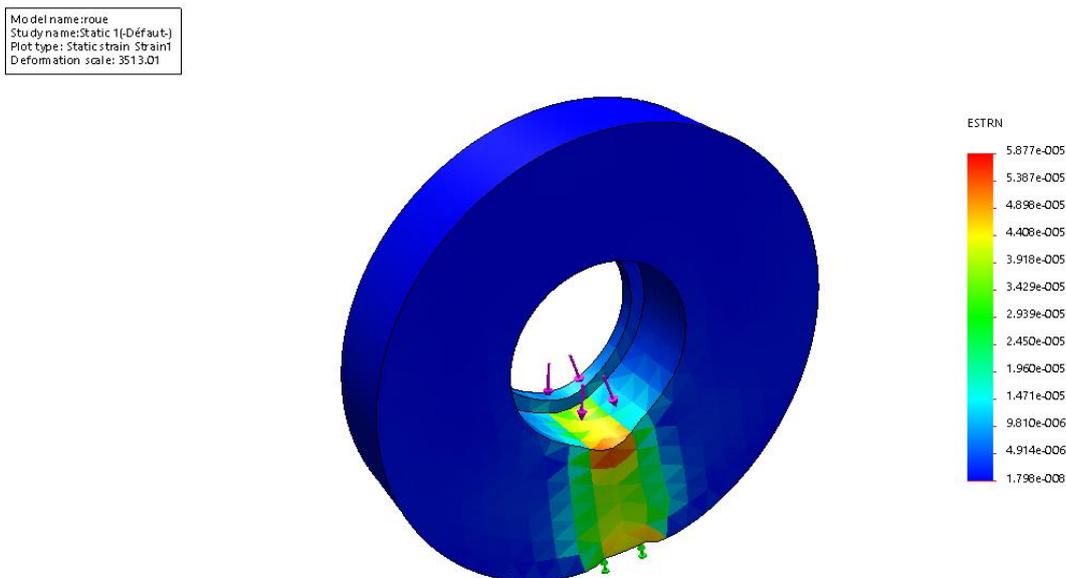


Figure III.31 : Distribution de champ de déformation des chariots

d. Coefficient de sécurité :

Afin de vérifier que la roue ne se détruit pas le levage de système. Nous présenterons la distribution du coefficient de sécurité de ce dernier. L'analyse des résultats présentée dans La **Figure III.32** montre que la valeur minimale de coefficient de sécurité est égale 15. Par conséquent, on peut conclure que la limite élastique du matériau est égale à 15 fois la valeur de contrainte maximale. Et donc la roue ne se déforme pas pendant le fonctionnement de système.

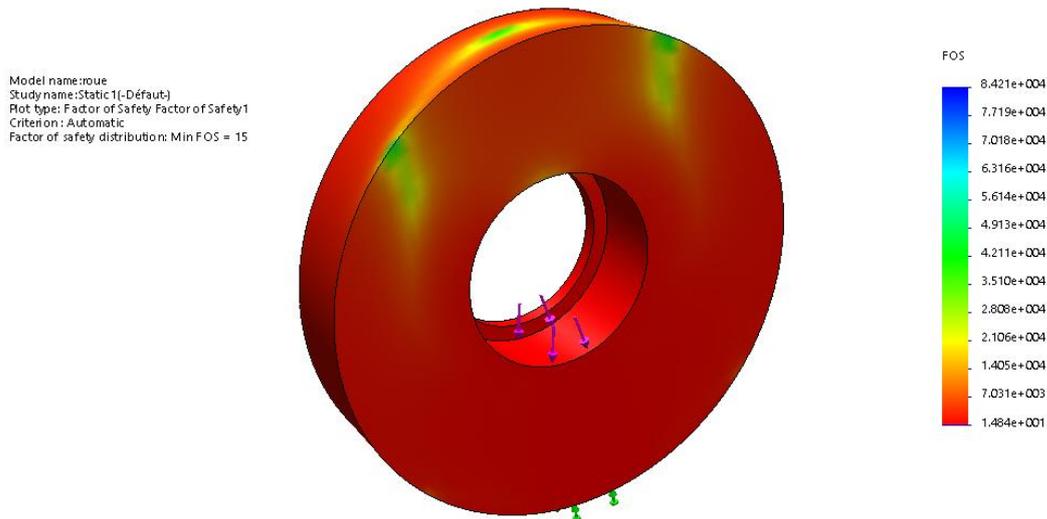


Figure III.32 : Distribution du coefficient de sécurité sur les chariots

3.6 Analyse et simulation de cornière :

Dans cette dernière sous-section, le modèle étudié est la cornière qui se situe entre la traverse fixe et le poteau, elle représente la liaison entre eux. Le but de cette simulation de cornière est de vérifier leur déformation dans les conditions de manutention et levage.

3.6.1 Charges et condition aux limites :

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

- Une charge de 1962 N appliquée par le poids de la tôle.
- Une charge de 627.84 N appliquée par le poids des palans.
- Une charge de 568.89 N appliquée par la moitié de traverse mobile.
- Une charge de 379.26 N appliquée par la moitié de traverse fixe.

Comme le système comporte deux cornières, donc :

- Une charge répartie globale appliqué par la traverse fixe sur la cornière est **F=1768.6N**
- Un encastrement dans la zone de fixage par vis.

La **Figure III.33** montre une représentation graphique de la cornière, dessinée par SolidWorks®, sous l'effet des charges réparties et des conditions aux limites.

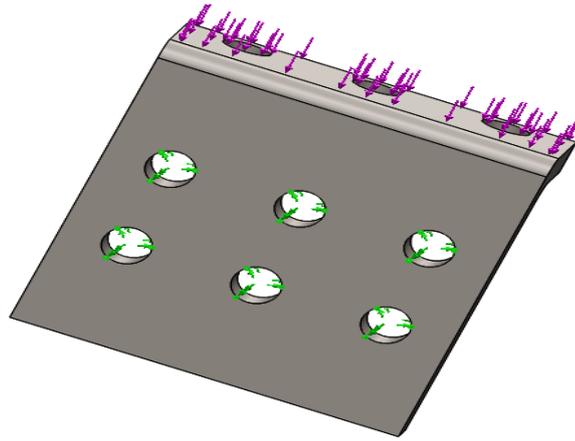


Figure III.33 : Cornière sous les force appliquées et conditions aux limites

3.6.2 Maillage de modèle :

Après l'introduction des conditions aux limites et les charges appliquées sur la cornière, l'étape suivante dans la simulation est de mailler le modèle. La **Figure III.34** présente aussi la cornière sous une densité moyenne de maillage par l'élément tétraédrique.

Model name: Pièce3
Study name: Static 1 (Défaut.)
Mesh type: Solid Mesh

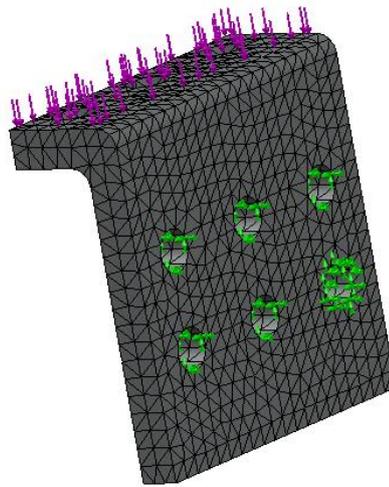


Figure III.34 : Maillage appliqué sur la cornière

3.6.3 Résultats de la simulation :

La cornière est réalisée, 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 sont présentés et discutés.

a. Champ de contrainte :

Le champ des contraintes équivalentes appliquées sur la cornière est représenté sur la **Figure III.35**. Sur cette figure on remarque que les contraintes maximales se situent dans la

zone d'application des charges réparties. Cette figure montre aussi que la valeur maximale de contrainte est égale à presque 25 MPa et que cette valeur est inférieure à limite élastique de matériau.

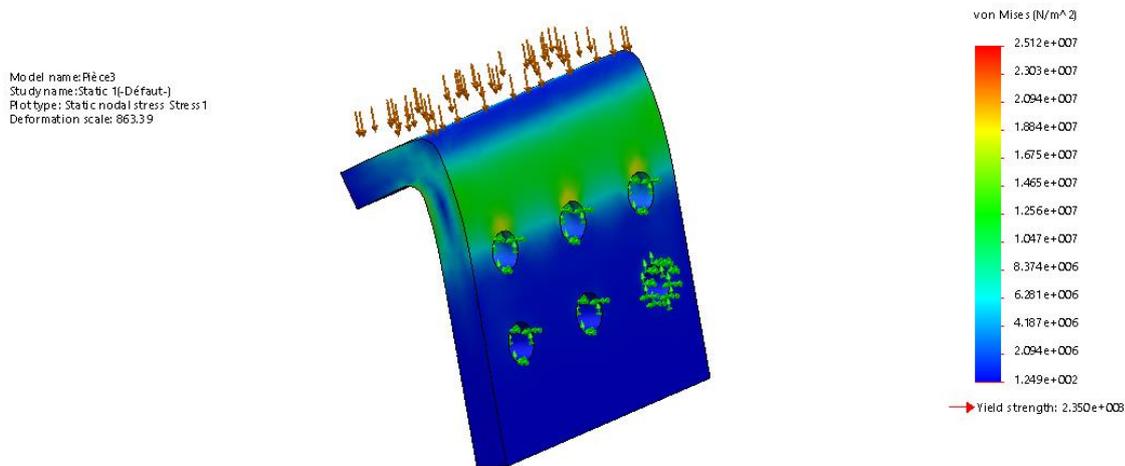


Figure III.35 : Distribution des contraintes équivalentes sur cornière

b. Champ de déplacement :

Les résultats présentés dans la **Figure III.36**, montrent le champ de déplacement de la cornière sous l'effet des contraintes appliquées. D'après cette figure, on note que les déplacements maximaux sont situés dans la zone d'application des charges. On remarque aussi que la valeur maximale de déplacement est d'environ 0.013 mm.

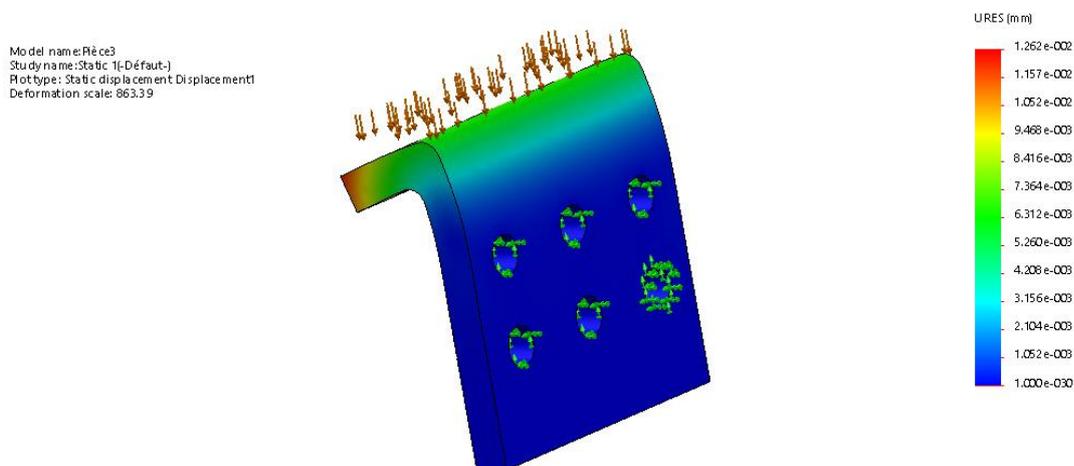


Figure III.36 : Distribution de champ de déplacement sur la cornière

c. Champ de déformation :

La **Figure III.37** montre la déformation de la cornière 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 la cornière et les poteaux. Cependant, cette déformation est de l'ordre de 10^{-5} (presque négligeable).

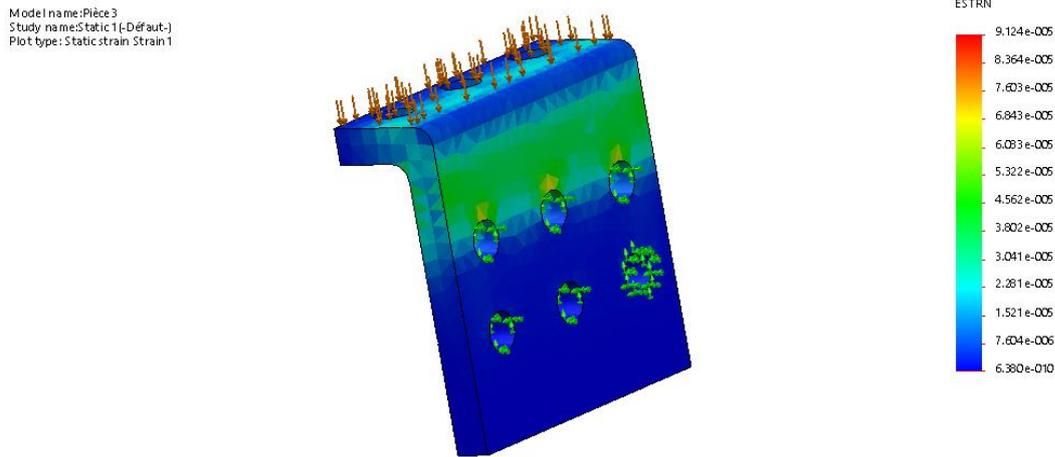


Figure III.37 : Distribution de champ de déformation de cornière

d. Coefficient de sécurité :

Afin de vérifier que la cornière n'est pas détruite pendant le levage de système. Nous présenterons la distribution du coefficient de sécurité de ce dernier. La **Figure III.38** montre que la valeur minimale de coefficient de sécurité est égale 9. Par conséquent, on peut conclure que la limite élastique du matériau est égale à 9 fois la valeur de contrainte maximale. Et donc la cornière ne se déforme pas pendant la manutention et levage de la tôle.

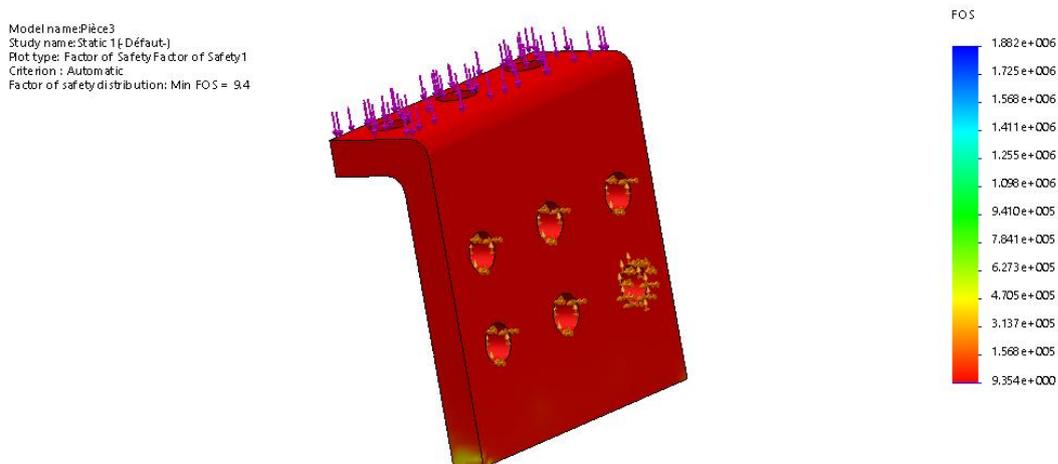


Figure III.38 : Distribution du coefficient de sécurité sur cornière

Conclusion :

L'étude, la conception et simulation de système de manutention et 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 transportée 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 ANABIB avait pour objectif d'étudier la faisabilité de construire un système de manutention pour lever une tôle pour la plier sur une plieuse du type HACO.

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 lever la tôle facilement et d'une manière sûre, précise et sécuritaire. Après une analyse très appropriée, nous avons conclu les meilleures solutions (éléments de système et assemblage) 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 et levage a été réalisée via logiciel de conception SolidWorks® et la simulation du comportement de chaque élément de système a été estimée 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.

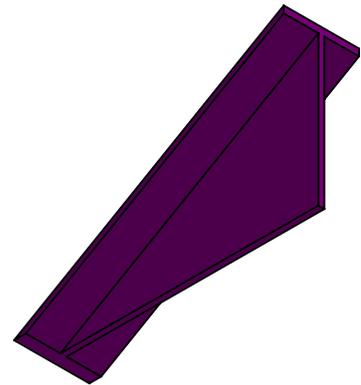
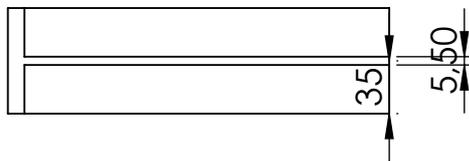
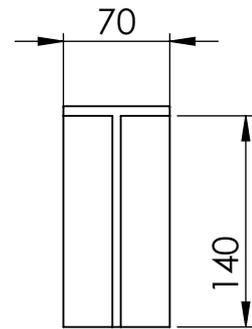
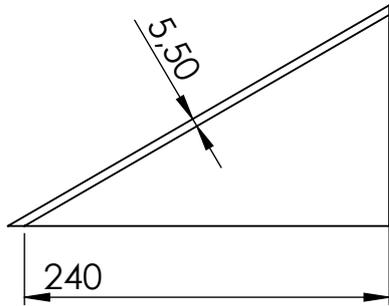
Enfin, comme perspectives d'approfondissement ultérieur de cette contribution, nous proposons la réalisation de ce système.

Références Bibliographique

- [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] "Manutention et les moyens de levage", Cours de technologie, RocdAcier, 18 Août 2017, <https://www.rocdacier.com/cours-manutention-moyens-de-levage/>.
- [4] 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^{ère} édition Août 2003, <http://www.dgdr.cnrs.fr>.
- [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.17, <https://manutention.irsst.qc.ca/manutention-et-risques/les-risques-en-manutention/>.
- [6] 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/>.
- [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] R. Domino, "Câbles d'acier", Société Française des câbles d'acier, Techniques de l'Ingénieur, N° 382, Paris, 1983.
- [13] A. Meksem, M. El ghorba, A. Benali et A. Maziri, "Influence de la corrosion par piqûres sur le comportement mécanique de l'acier ordinaire", 8ième Congrès de mécanique, El-Jadida, Maroc 2007.
- [14] "Câbles en acier", Vocabulaire, désignation et classification AMENDEMENT 1, ISO 17893 : 2004/Amd.1 : 2010(Fr), <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:17893:ed-1:v1:amd:1:v1:fr>
- [15] S. Haubans, "Recommandations de la commission interministérielle de la précontrainte", Cerema (ex-Setra), SKU1803175250, jeudi 01/11/2001.
- [16] C. Juers, "Corrosion et traitements de surface d'alliages de magnésium utilisés pour des applications aéronautiques", Thèse de doctorat, Laboratoire de Chimie du Solide Minéral UMR, Faculté des Sciences & Techniques Vandoeuvre-lès-Nancy.
- [17] F. H. Hruska, "Radial forces in wire ropes, Wire and Wire Products", Vol. 27, No. 5, 1952, pp. 459-463.
- [18] "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/>.
- [19] MULTIPREVENTION, "Presses plieuses, Outil d'action machine", Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail des secteurs métal, électrique et imprimerie, 2405, boul. Fernand-Lafontaine, bureau 150 Longueil (Québec) J4N 1N7. <https://multiprevention.org/wp-content/uploads/2015/11/multiprevention-fiche-presse-plier.pdf>
- [20] Le groupe HACO, " Une gamme complète de solutions de haute qualité, connue dans le monde entier ", Guide HACO, 2018. <https://www.haco.com/upload/attachimage/legroupehaco2018.pdf>
- [21] HACO, For Impressive Performances "HPR, cintreuses hydrauliques de profilés série HPR", Guide HACO, Oekensestraat 120 B-8800 Rumbeke BELGIQUE, 2002. <https://www.haco.com/upload/attach-image/docfrhprseries.pdf>
- [22] HIRT M. et BEZ R. "Construction métallique. Notions fondamentales et méthodes de dimensionnement". Traité de Génie Civil de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne. Volume 10. 498 p. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Lausanne 1994.
- [23] Eurocode3 : "Calcul des structures en aciers Partie 1-8 : Calcul des assemblages". EN 1993-1-8. <http://www.eurocodes.fr/fr/eurocode3.html>

- [24] JASPART J.P. "Elément de stabilité des structures de bâtiments métalliques". Notes destinées aux étudiants de CUST de Clermont-Ferrand. 1998.
- [25] Eurocode 3 : "Design of steel structure". ENV 1993-1-1, Part 1-8, design of joint, Draft N°01, 29 February 2000. <https://www.eurocode1.com/en/eurocode3.html>
- [26] Cours entraînement électrique, master électrotechnique industriel, MET 303 -2012/2013. <https://www.scribd.com/document/376203239/chapitre1>
- [27] André Veltman, Duco W.J. Pull et Rik W.DeDancker, "Power Systems, Fundamentals of Electrical Drives", Springer, 2007.
- [28] Nacer Benameur, "Introduction à la commande des machines électriques", centre des publications universitaire, Manouba, Tunisie ,2010.
- [29] R. Azaizia : "Etudes et commande d'une machine asynchrone double alimentation alimentée par un convertisseur multi niveaux", mémoire magister, université de Boumerdes 2008. <http://dlibrary.univ-boumerdes.dz:8080/handle/123456789/1557>
- [30] Bernard SCHNEUDER et Alain BEURET, "L'électricité au service des machines", Yverdon –les –Bains -2006.
- [31] H. Bühler, "Convertisseurs Statiques". Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1991.
- [32] Jacques Laroche, " Électronique de puissance convertisseurs cours et exercices corrigés", Édition Paris Dunod DL 2005, Collection Sciences sup Sciences de l'ingénieur. <http://bibliotheque.bordeaux.fr/in/faces/details.xhtml?id=mgroup%3A9782100072521>
- [33] 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>
- [34] Visiativ-solutions, "SolidWorks simulation", Matrice SolidWorks Simulation, Prérequis techniques pour SolidWorks Simulation, Services associés, Documents associés, MultiMedia. <https://www.visiativ-solutions.fr/solidworks-simulation/>
- [35] 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>
- [36] 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/>



Faculté de Technologie

Echelle: 1/5

la cornière

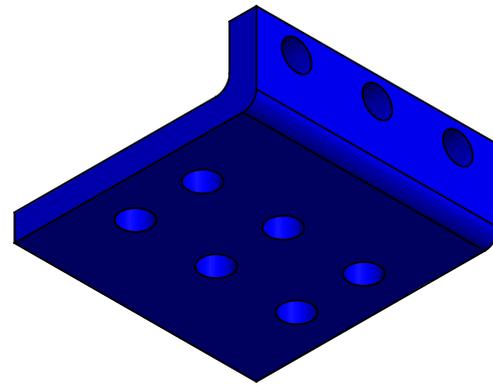
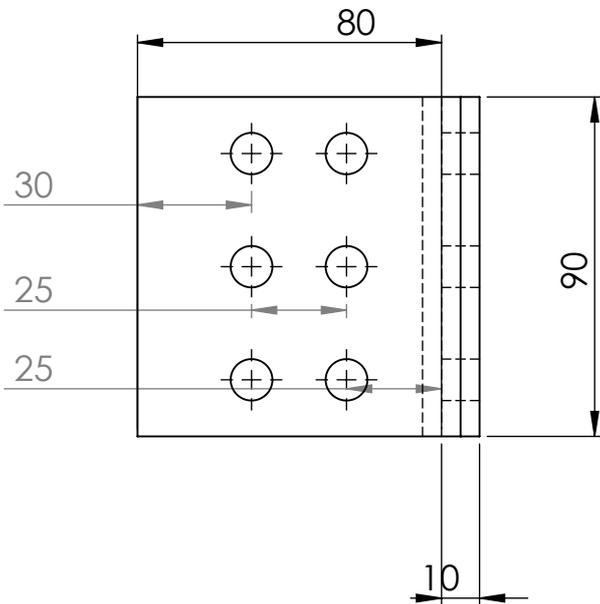
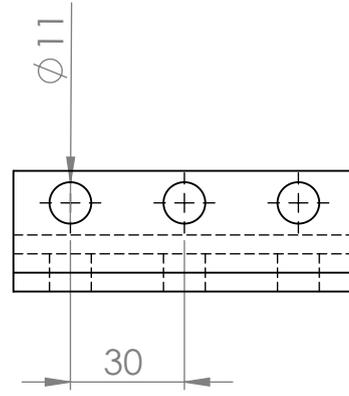
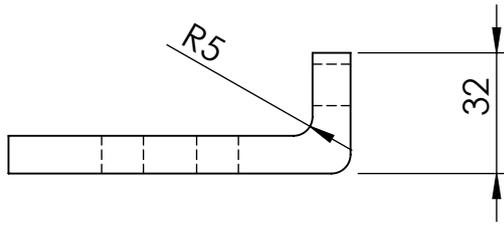
2020-09-14



Belmesk
Ahmed
Khechine
Abdelwahab

A4

Construction mécanique



Faculté de Technologie

Echelle: 1/5

la cournière

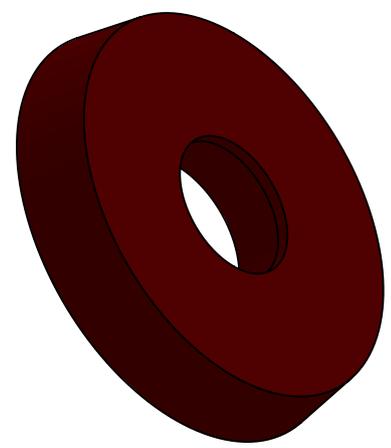
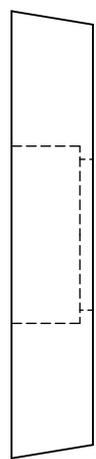
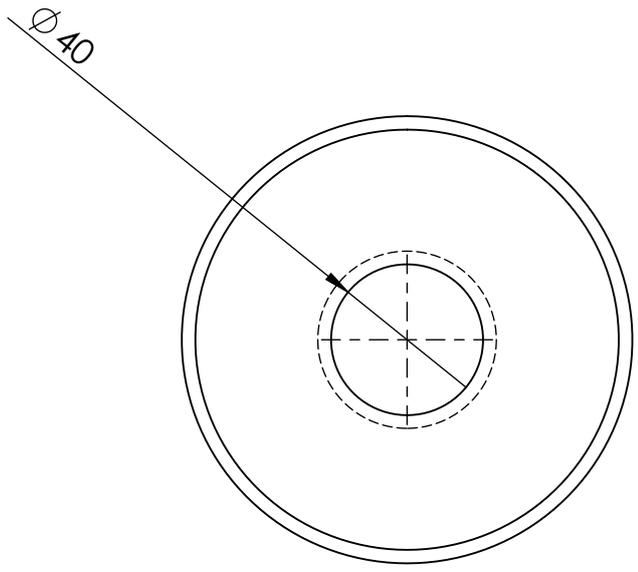
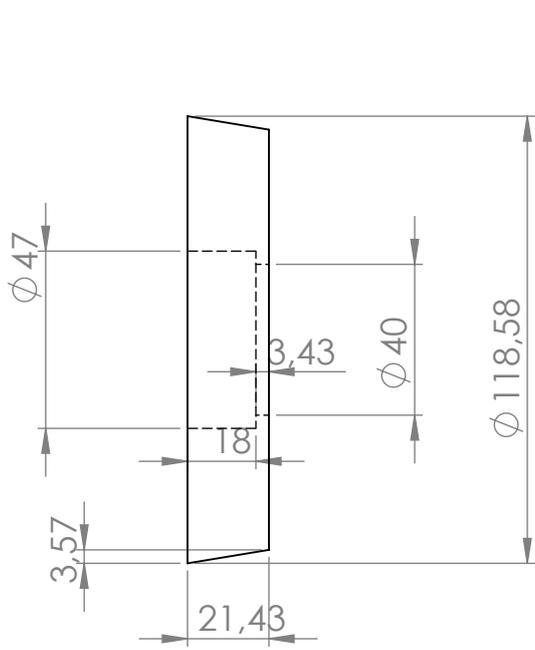
2020-09-14



Belmesk
Ahmed
Khechine
Abdelwahab

A4

Construction mécanique

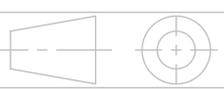


Faculté de Technologie

Echelle: 1/2

la roue

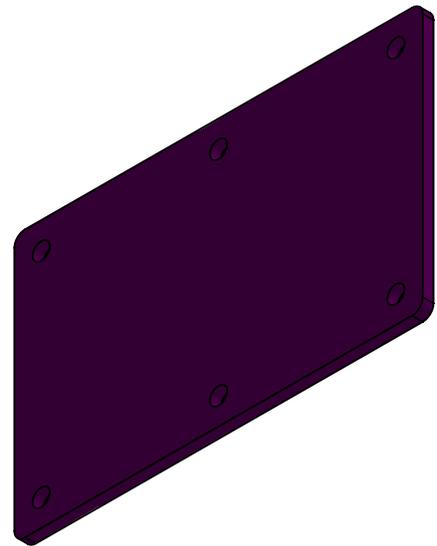
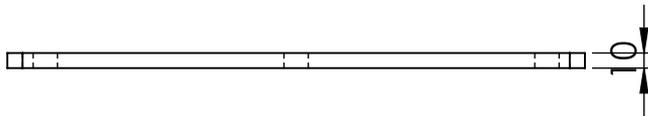
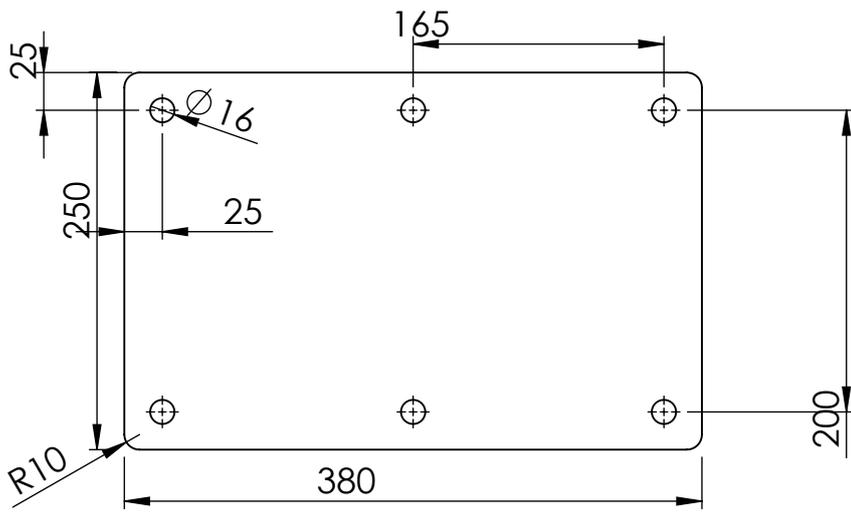
2020-09-14



Belmesk
Ahmed
Khechine
Abdelwahab

A4

Construction mécanique



Faculté de Technologie

Echelle: 1/2

La base de poteau

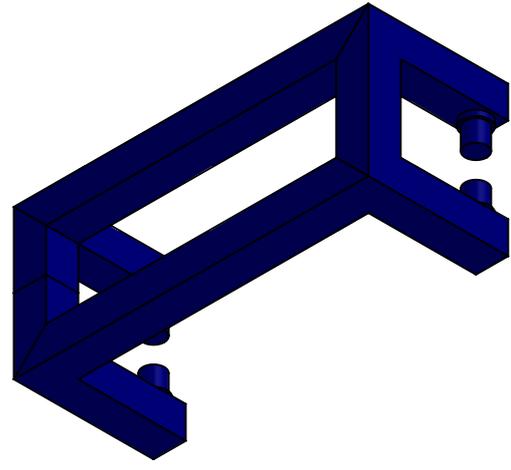
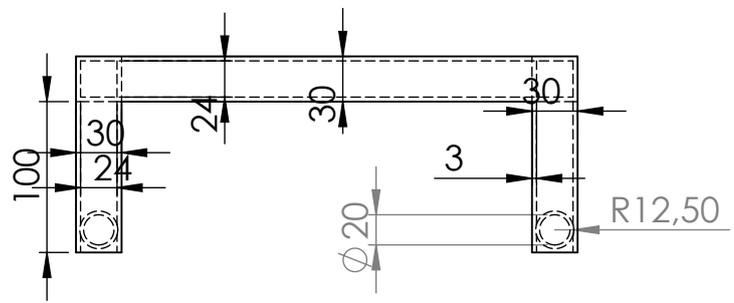
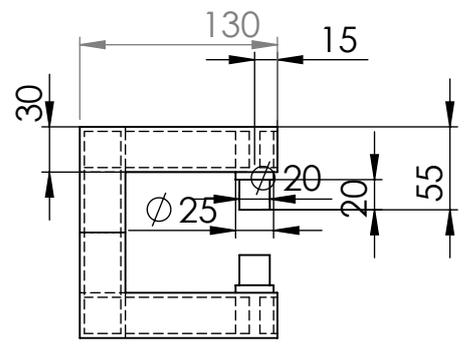
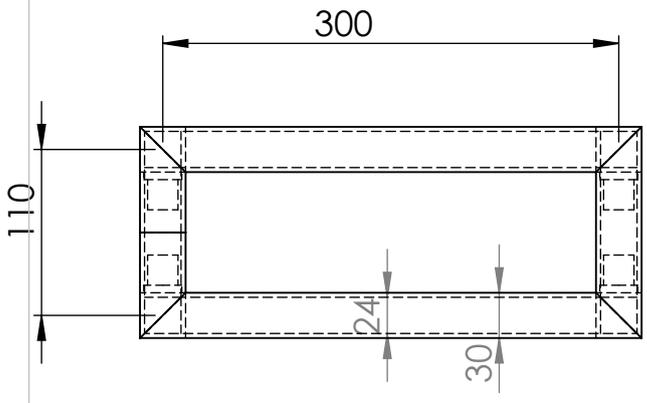
2020-09-14



A4

Construction mécanique

Belmesk
Ahmed
Khechine
Abdelwahab

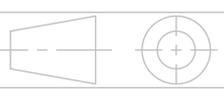


Faculté de Technologie

Echelle: 1/2

le chariot

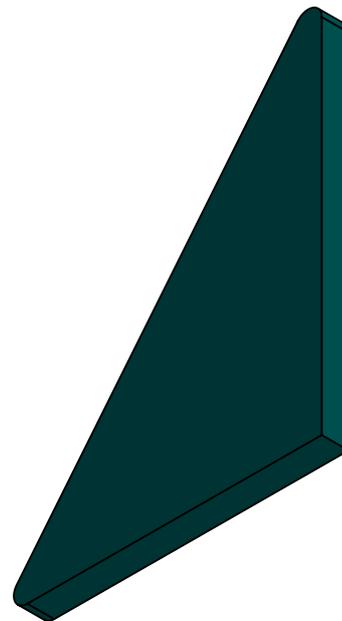
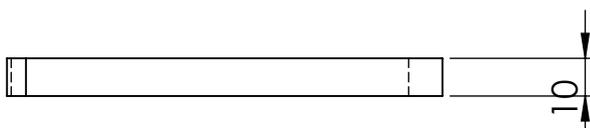
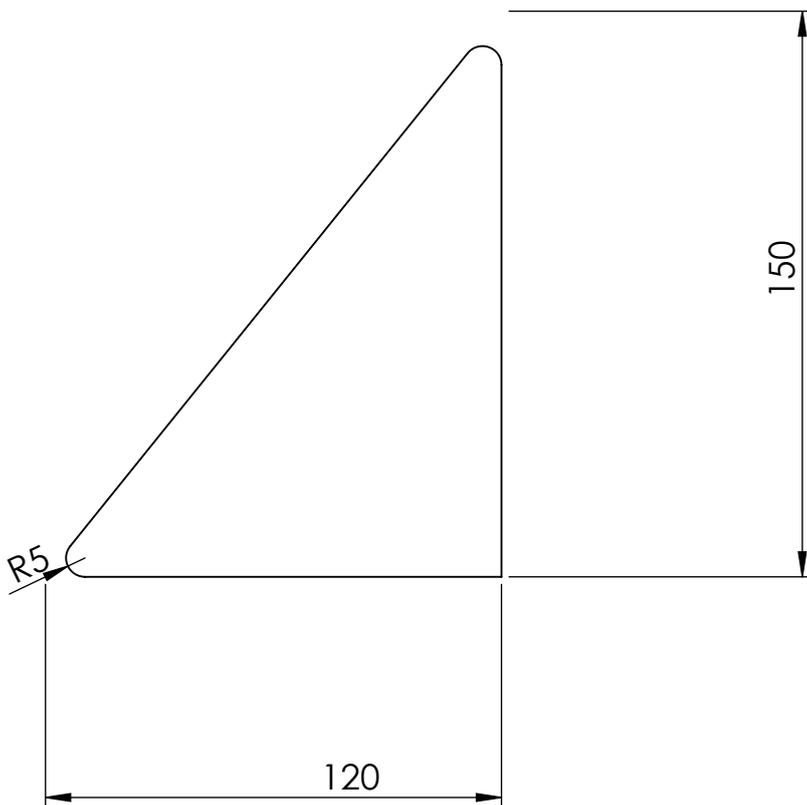
2020-09-14



Belmesk
Ahmed
Khechine
Abdelwahab

A4

Construction mécanique



Faculté de Technologie

Echelle: 1/2

Pied de poteau

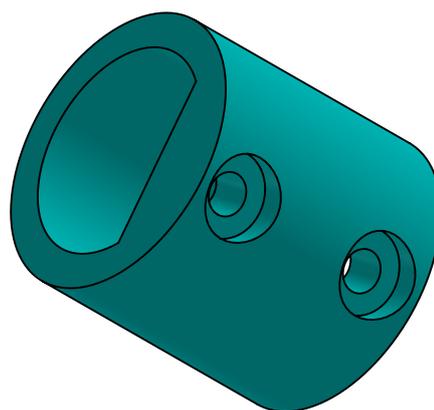
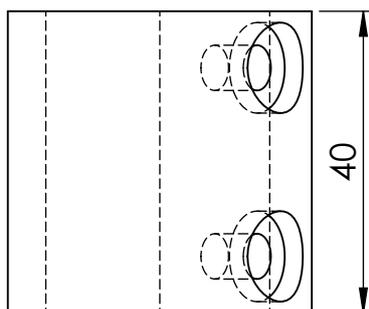
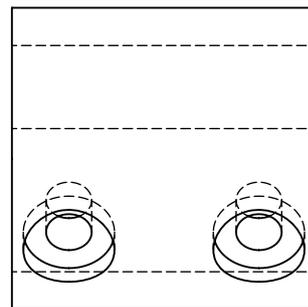
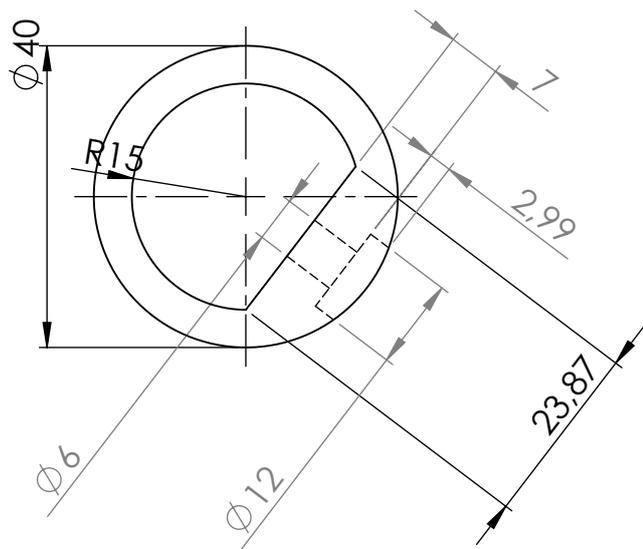
2020-09-14



A4

Construction mécanique

Belmesk
Ahmed
Khechine
Abdelwahab



Faculté de Technologie

Echelle: 1/1

raccorde
moteur-vis

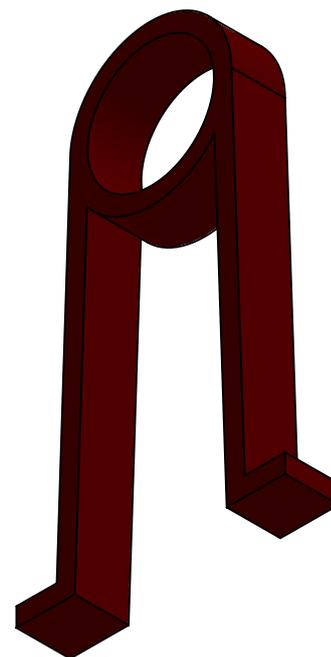
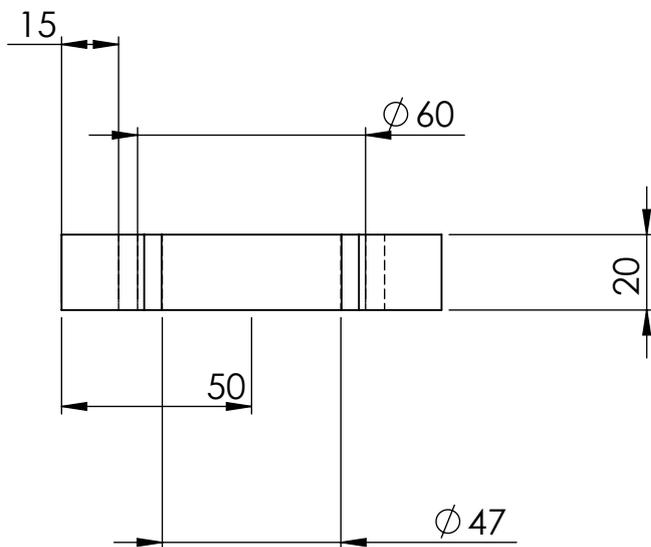
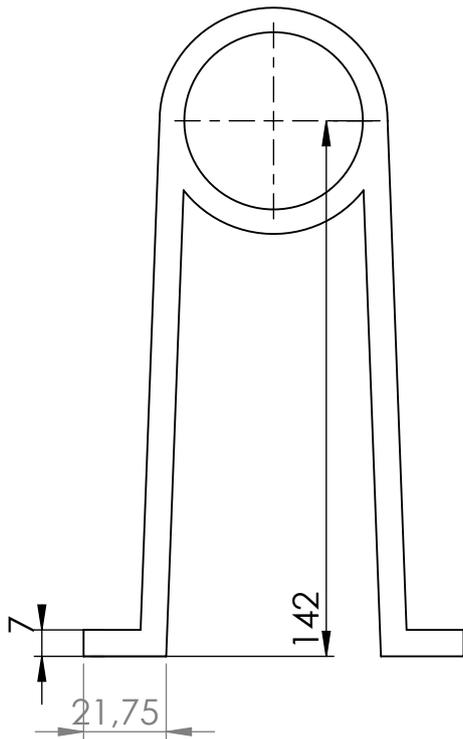
2020-09-14



A4

Construction mécanique

Belmesk
Ahmed
Khechine
Abdelwahab



Faculté de Technologie

Echelle: 1/2

support de vis

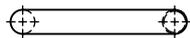
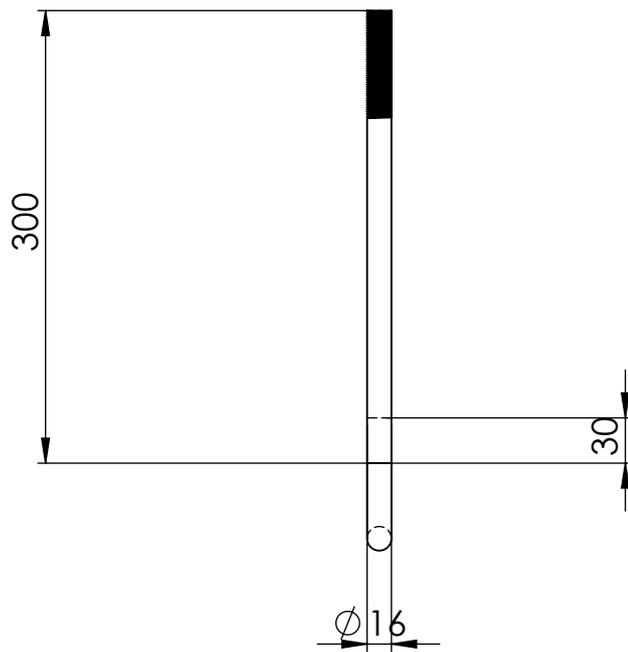
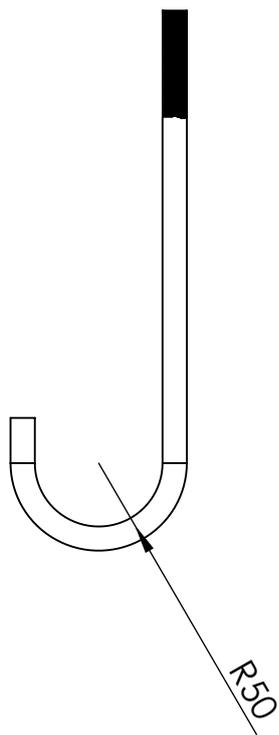
2020-09-14



A4

Construction mécanique

Belmesk
Ahmed
Khechine
Abdelwahab



Faculté de Technologie

Echelle: 1/5

tig féleté

2020-09-14



A4

Construction mécanique

Belmesk
Ahmed
Khechine
Abdelwahab