

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARRA-BOUMERDES



Faculté de Technologie
Département génie mécanique

Mémoire De Master

En vue de l'obtention du diplôme de **Master** en

Filière : Génie Mécanique
Spécialité : Construction Mécanique

THEME

**ETUDE ET CONCEPTION D'UN PONT ROULANT MONOPOUTRE DE
CAPACITE DE 2 TONNE**

Présenter par :

OULDAMRI Mustapha Kamel

Promoteur
Dr BOUDIEB Djamel

Co-Promoter
Mr BELKHIR Othmane

Promotion : 2023/2024

Résumé :

Ce mémoire de Master explore l'étude et la conception d'un pont roulant monopoutre de 2 tonnes de capacité, réalisé dans le cadre d'un stage au sein de l'entreprise Delta-Précision. Le travail se divise en quatre chapitres : une introduction aux moyens de manutention, une description approfondie du pont roulant monopoutre, une étude de conception détaillée incluant le dimensionnement des mécanismes de levage, de direction et de translation, et enfin, une simulation numérique du pont roulant à l'aide du logiciel SolidWorks. L'étude s'appuie sur les normes FEM et Eurocode 3 et vise à optimiser la conception du pont roulant, en garantissant sa résistance, sa stabilité et son fonctionnement optimal. Les résultats de la simulation numérique confirment la validité de la conception, confirmant la capacité du pont roulant à supporter les charges prévues avec une déformation minimale. Le mémoire démontre la capacité à concevoir des solutions techniques robustes et fiables pour répondre aux besoins industriels spécifiques.

Abstract:

This Master's thesis explores the study and design of a 2-tonne capacity single-girder overhead crane, developed as part of an internship at Delta-Precision. The work is divided into four chapters: an introduction to handling equipment, an in-depth description of the single-girder overhead crane, a detailed design study including the dimensioning of lifting, steering, and translation mechanisms, and finally, a numerical simulation of the overhead crane using SolidWorks software. The study relies on FEM and Eurocode 3 standards and aims to optimize the design of the overhead crane, ensuring its strength, stability, and optimal operation. The results of the numerical simulation confirm the validity of the design, confirming the overhead crane's ability to support the expected loads with minimal deformation. The thesis demonstrates the author's ability to design robust and reliable technical solutions to meet specific industrial needs.

ملخص:

تستكشف المذكرة الماستير هذه دراسة وتصميم رافعة متحركة أحادية العارضة بسعة 2 طن، والتي تم تنفيذها كجزء من تدريب ينقسم العمل إلى أربعة فصول: مقدمة عن معدات التحميل، ووصف متعمق للرافعة المتحركة Delta-Précision. عمل مع شركة ذات العارضة الواحدة، ودراسة تصميم مفصلة تتضمن تحديد حجم آليات الرفع والتوجيه والسير، وأخيرًا محاكاة رقمية للرافعة وتهدف إلى تحسين تصميم Eurocode 3 و FEM تستند الدراسة إلى معايير SolidWorks المتحركة باستخدام برنامج الرافعة وضمان قوتها وثباتها وتشغيلها على النحو الأمثل. تؤكد نتائج المحاكاة العددية صحة التصميم، حيث تُظهر أن الرافعة يمكنها دعم الأحمال المتوقعة بأقل قدر من التشوه. توضح المذكرة القدرة على تصميم حلول تقنية قوية وموثوقة لتلبية الاحتياجات الصناعية المحددة.

Remerciements

Avant tout, je remercie Allah tout puissant de m'avoir donné le privilège, la chance d'étudier et de m'avoir donné force, courage, et patience pour accomplir ce travail. Sans oublier mes parents qui ont veillé sur moi durant toute ma vie.

On dit souvent que le trajet est aussi important que la destination. Les années d'études ont permis de bien comprendre la signification de cette phrase toute simple. Ce parcours, en effet, ne s'est pas réalisé sans défis et sans soulever de nombreuses questions pour lesquelles les réponses nécessitent de longues heures de travail.

*De ce fait, je suis très reconnaissant à tous mes amis, enseignants, chercheurs et personnel administratif du département de Construction Mécanique, qui m'ont soutenu le long de ce travail. Je tiens particulièrement à remercier à mon encadreur : **Monsieur BOUDIEB Djamel.***

*À Mon maître de stage : Monsieur **BELKHIR Othman**, je suis reconnaissant d'avoir accepté de me guider pendant la réalisation du stage professionnel de ce mémoire.*

J'exprime mes vifs remerciements à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, et m'encouragés pour la réalisation de ce mémoire, qu'ils trouvent ici l'expression de mes remerciements les plus sincères.

Je tiens à remercier aussi le personnel au sein de service Construction Delta Précision pour leur aide et soutien pendant cette période.

Dédicace

AU NOM D'ALLAH

*TOUT d'abord Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond
amour à
famille qui m'a doté d'une éducation digne, aucune dédicace ne saurait
exprimer mon respect,
ma considération pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon
bien être*

*Particulièrement à ma chère Maman qui m'a arrosé d'espoir à cette
guerrière qui m'a bénie
par ces prières. A mon cher Papa qui m'a soutenu et m'a dirigé vers le
chemin de la réussite.*

Que dieu vous garde pour moi.

*À ma sœur Ikram et mon frère Abdelkader qui m'ont soutenu, donnent
toujours de la force qui ont toujours été là pour moi dans les bons
comme dans les pires.*

*À mes fidèles amies, A tous mes amis de promotion 2024 de la
spécialité Construction Mécanique grâce à vous j'ai passée des moments
inoubliables que je porterai à jamais dans mon cœur.*

A tous ceux qui m'aime.

Table des matières

I.1	Introduction générale :.....	1
I. Chapitre I : Généralité sur les moyens de manutention		
I.1.	Introduction :.....	12
I.2.	Définition :.....	12
3.	Classification des ponts roulants :.....	13
□	Ponts roulants posés :.....	13
□	Ponts roulants suspendus :.....	14
□	Ponts portiques :.....	14
□	Ponts Semi portiques :.....	15
□	Palan :.....	16
□	Potence :.....	16
□	Treuil :.....	17
□	Grues :.....	18
□	Chariot élévateur :.....	18
□	Tables élévatrices :.....	19
I.4	Conclusion :.....	19
II. Chapitre II : le pont roulant monopoutre		
II .1	Introduction :.....	21
II .2	Généralités :.....	21
II .3	Principe de fonctionnement :.....	22
II .4	Description - Eléments constitutifs :.....	23
II .4.1	L'ossature : L'ossature comprend.....	23
II .4.1.1	Poutre principale :.....	23
II .4.1.2	sommiers :.....	24
II .4.2	Chariot de pont roulant :.....	26
II .4.3	Ensemble Du Mouflage :.....	26
II .4.3.1	Réa :.....	26
II .4.3.2	Galet de renvoi ou de retour :.....	26
II .4.3.3	Roue ou pignon de renvoi ou de retour :.....	27
II .4.3.4	Moufle :.....	27
II .4.4	Tambour :.....	27
II .4.5	Poutre de roulement :.....	28
II .5	Les différents Mouvements possibles :.....	28
II .5.1	mouvement de levage :.....	28

II .5.2 mouvement de direction :	29
II .5.3 mouvement de translation :	29
II .5.4 mouvement d orientation :	28
II .6 Mécanismes permettant les mouvements :	29
II .6.1 Mécanisme de levage :	29
II .6.2 Mécanisme de direction :	29
II .6.3 Mécanisme de translation :	30
II .6.4 Mécanisme d'orientation :	30
II .7 Classement des appareils de levage :	31
II .7.1 Classement des appareils en fonction du service Classe d'utilisation :	31
II .8 Classement des mécanismes en fonction des services :	32
II .9 Conclusion	33
 III. Chapitre III : étude et conception D'un pont roulant	
III.1 Introduction	35
III.2 Mécanisme de levage	35
III.2.1 Choix de câble	35
III.2.2 Rendement de palan :	35
III.2.3 Calcul de tension de câble :	36
III.2.4 Diamètre de câble :	37
III.2.5 Propriété du câble :	37
III.2.6 Dimensionnement de la poulie :	38
Le diamètre extérieur de la poulie :	38
III.2.6.1 Valeur du coefficient H_1 :	39
III.2.7 Choix et calculs des tambours :	40
III.2.7.1 Dimensionnement du tambour :	41
III.2.8 Crochets :	43
III.2.8.1 Choix de crochet :	44
III.2.9 Choix du moteur du levage :	45
III.2.9.1 Puissance de moteur :	45
III.3 Mécanisme de direction :	46
III.3.1 Dimensionnement de la poutre principale :	46
III.3.1.1 Pré dimensionnement de la poutre de roulement :	50
III.3.1.2 Caractéristiques moyennes des ponts roulants courants :	46
III.3.1.3 Caractéristiques géométrique de pont roulant :	47
III.3.1.4 Calcule de la poutre de roulement :	48
III.3.2 Choix du rail :	51
III.3.2.1 Les charges supportées par la PDR :	52

III.3.3 Choix et calcul des galets de direction :	52
III.3.3.1 Choix des galets :	52
III.3.3.2 Calcul du galet de direction :	52
III.3.4 Choix de la puissance du moteur :	55
III.3.4.1 Détermination de couple maximal nécessaire :	56
III.3.4.2 Détermination de l'effort résistant suivant l'axe de galet.....	56
III.3.5 Choix de réducteur :	57
III.3.5.1 Calcul de réduction de réducteur :	57
III.4 Mécanisme de translation	58
III.4.1 Dimensionnement du galet de roulement :	59
III.4.1.1 Calcul de la charge moyenne :	59
III.4.1.2 Calcul des réactions R_{max} et R_{min} :	60
III.4.2 Dimensionnement des sommiers :	62
III.4.2.1 L'empattement :	62
III.4.2.2 Dimensions de la section transversale :	63
III.4.2.3 Choix de la puissance du moteur de translation :	64
III.4.3 Choix de réducteur :	65
III.5 Liaison poutre principale sommiers :	66
III.6 Choix des roulements :	66
III.7 Conclusion	68

Chapitre IV : simulation numérique

IV.1 Introduction :	70
IV.2 Simulation numérique :	70
IV.2.1 Définition de la simulation :	70
IV.2.2 SolidWorks simulation :	71
IV.2.3 Fonctionnalités de SolidWorks Simulation :	71
IV.3 Processus d'analyse :	72
IV.3.1 Les étapes de l'analyse d'un modèle sont :	72
IV.4 Conception des éléments principaux du pont :	73
IV.4.1 Poutre principale :	73
IV.4.2 Sommiers :	74
IV.4.2 Galets :	75
IV.5 Assemblage pont roulant :	76
IV.5.1 Assemblage poutre principale sommiers :	76
IV.6 Résultats et discussion de la simulation :	77
IV.6.1 Analyse et simulation de la poutre principale :	78
IV.6.2 Modélisation poutre :	78

IV.6.2.1 Charge et condition au limite :.....	78
IV.6.2.2 Maillage de modèle	79
IV.6.2.3 Résultats de la simulation :	80
IV.7 Conclusion générale :	84
V Conclusion générale :	84

Liste des figures

Figure I.1 : L'usine DELTA-PRECISION.....	3
Figure I.2 : Organigramme du DELTA-PRECISION.....	4
Figure I.3 : Delta-Précision et les parties intéressées.....	5
Figure I.4 : SARL DELTA PRECISION.	6
Figure I.5 : Schématisation Cartographie des processus.	7
Figure I.1 : Ponts roulants posés	14
Figure I.2 : Ponts roulants suspendus.....	14
Figure I.3 : Ponts portiques.....	15
Figure I.4 : Ponts Semi portiques.....	15
Figure I.5 : Palan.....	16
Figure I.6 : Potence	17
Figure I.7 : Treuil	17
Figure I.8 : Grues	18
Figure I.9 : Chariot élévateur.....	18
Figure I.10 : Tables élévatrices.....	19
FigureII.1 : Le pont roulant.	22
FigureII.2 : les éléments principaux du pont roulant.	23
Figure II. 3 : poutre principal.....	23
FigureII.4 : sommiers	24
FigureII.5: Chariot de pont roulant.	26
FigureII.6 : moufle	27
FigureII.7 : Tambour	27
Figure I.8: Tambour a doublé enroulement	28
FigureII.9: Mouvement et mécanismes	28
Figure III. 1 : Schématisation d'une poulie.	38
Figure III. 2: Profil du tambour.....	40
Figure III. 3: schéma du tambour.....	42
Figure III. 4: Caractéristique de crochet.....	44
Figure III. 5 : Disposition des réactions des galets sur la PDR	50

Figure III. 6 : Disposition des efforts sur la poutre de roulement.....	51
Figure III. 7: Mécanisme de translation.	59
Figure III. 8: Charge maximale et minimale R_{max} et R_{min}	62
Figure III.10: Section transversale de sommier.	63
Figure III.11: Assemblage poutre sommier.	66
Figure III.12: La charge à extrémité en pont roulant.	67
Figure IV.1: Dimensions du profilé IPE330.....	73
Figure IV.2: Vue isométrique de la poutre principale finale	74
Figure IV.3: Vue isométrique (filaire) du sommier.	74
Figure IV.4: Vue isométrique du sommier.....	75
Figure IV.5 : Vue isométrique du galet.....	75
Figure IV.6 : Vue isométrique du pont roulant.....	76
Figure IV.7 : Assemblage sommier poutre.....	77
Figure IV.8: Assemblage des pièces du réducteur final sur SolidWorks.	78
Figure IV.9: poutre principale sous force appliquée et conditions aux limites.	79
Figure IV.10: Maillage de la poutre.....	79
Figure IV.11: Cartographie des contraintes de Von Mises (poutre principale).....	80
Figure IV.12: Cartographie des dépassements.	81
Figure IV.13: Distribution de champ de déformation de La poutre.....	82
Figure IV.14: Distribution du coefficient de sécurité sur la poutre.	83
Figure IV.15: Coefficient de sécurité (poutre principale).	83

Liste des tableaux

Tableau.1 : Références et termes.....	4
Tableau .2 : Description des interactions entre les processus.....	8
Tableau 3 : Etat de charge et paramètres de la charpente.....	31
Tableau4 : Classe de fonctionnement.....	32
Tableau5: coefficient de majoration M.....	32
Tableau6: Diamètre des câbles normalisés.....	37
Tableau.7: Valeurs de H_2	39
Tableau.8 : Valeurs de H_1	39
Tableau.9 : Diamètres des poulies normalisés.....	39
Tableau.10: Dimension de crochet.....	45
Tableau 11: Les propriétés du matériau.....	47
Tableau.12: Caractéristiques géométrique de pont roulant.....	47
Tableau.13: Charges et vitesses.....	47
Tableau.14: Coefficient d'adhérence.....	48
Tableau.15: regroupement des réactions des galets.....	50
Tableau.16: les caractéristiques de HEA240.....	51
Tableau.17: les caractéristiques de rail.....	51
Tableau.18: Valeurs de C_1 en fonction de vitesse de rotation du galet.....	53
Tableau.19: Valeurs de C_2 en fonction de vitesse de rotation du galet.....	54
Tableau.20 : Les valeurs de la pression limite P_L	54
Tableau.21 : Valeur des diamètres normalisés des galets.....	55
Tableau .22 : Rapport de réduction de la chaîne en fonction de la charge à soulever.....	58
Tableau .23 : le poids du chariot en fonction de la charge utile.....	61
Tableau .24 : formes, dimension, caractéristique.....	66
Tableau.25 : Dimension de roulement.....	68
Tableau.26: Dimension d'appui de roulement.....	68
Tableau.27: Les caractéristiques de poutre (d'après Eurocode 3).....	73
Tableau.28 :Ensemble poutre principale sommier et accessoires.....	76

LISTE DES SYMBOLE

Q_u : la charge à soulever ;

G_s : poids de chariot ;

L : la portée du pont ;

V_d : vitesse de direction ;

C_1 : coefficient dépend de diamètre du galet ;

C_2 : coefficient dépend de groupe de mécanisme ;

P_{moy} : la charge moyenne que doit supporter le galet ;

$R_{min A}$: La réaction minimale sur un galet A ;

R_{maxA} : La réaction maximale au galet A ;

R_1 action due aux poutres maitresses ;

R_2 : action due aux sommier ;

R_3 : action due au chariot vide ;

D_g : diamètre du galet ;

D_{gn} : diamètre du galet normalisé;

N : vitesse de rotation ;

N' : vitesse de rotation de moteur à charge ;

N_{gt} : vitesse de rotation de galet de translation.

Z_{cour} : nombre de dents de la couronne.

Z_{pign} : nombre de dents du pignon.

I_c : rapport de réduction de la chaine ;

r : rapport de réduction total ;

K : rapport de la réduction de réducteur ;

F_R : l'effort résistant suivant l'axe du galet défini selon les 3 Cas de sollicitation ;

S_f masse totale roulant dans les 3 cas de sollicitation ;

M_n : couple nécessaire pour l'entraînement de la masse ;

η : rendement globale du mécanisme ;

P_{n1} : puissance de moteur de direction ;

G_M : Poids propre du moufle ;

H : la hauteur de levage ;

V_L : la vitesse de levage ;

η_P : rendement de poulie ;

Q : coefficient dépendant du groupe du mécanisme

I_p : la multiplicité du palan ;

T : tension dans le câble ;

d : diamètre extérieur du câble ;

n : Coefficient dépendant de la nature du palan

H_1 : coefficient dépend du groupe du mécanisme pour le tambour ;

H_{1p} : coefficient dépend du groupe du mécanisme pour les poulies ;

H_{1pe} : coefficient dépend du groupe du mécanisme pour les poulies d'équilibrage ;

H_2 : coefficient dépend du mouflage ;

D_{PM} : diamètre des poulies de renvoie et de moufle ;

D_{PE} : diamètre des poulies d'équilibrage ;

D_{tam} : diamètre effectif du tambour ;

D_{te} : diamètre extérieur du tambour ;

Pas : le pas d'enroulement du câble ;

D_{ti} : diamètre intérieur du tambour ;

E_{pai} : épaisseur du tambour ;

L_e : longueur d'enroulement du câble ;

L_c : longueur du câble ;

L : longueur total du tambour ;

P_s : puissance statique du moteur du levage ;

$L_{argutil}$: largeur utile du rail ;

D_g : diamètre du galet ;

D_{gn} : diamètre du galet normalisé ;

N_m : nombre du moteur ;



1 Introduction générale :

Le pont roulant, outil indispensable dans de nombreux domaines industriels, est un système de manutention qui permet de déplacer des charges lourdes et volumineuses avec précision et efficacité. Parmi les différents types de ponts roulants, le pont roulant monopoutre se distingue par sa simplicité, sa robustesse et son adaptabilité à des configurations variées.

Ce mémoire, fruit de mon stage de fin d'études réalisé au sein de l'entreprise Delta Précision, se concentre sur l'étude, la modélisation et la conception d'un pont roulant monopoutre. L'expérience acquise au sein de Delta Précision, spécialisée dans la conception et la fabrication de ponts roulants, m'a permis de confronter les aspects théoriques à la réalité industrielle et d'enrichir ma compréhension des défis liés à la conception et à l'implémentation de ces systèmes de manutention.

Le premier chapitre offre une introduction générale aux moyens de manutention, présentant les différents types de systèmes utilisés dans les industries modernes. L'accent est mis sur les ponts roulants, en décrivant leurs caractéristiques principales, leurs modes de fonctionnement et leurs applications dans différents secteurs industriels.

Le deuxième chapitre se concentre spécifiquement sur le pont roulant monopoutre, analysant sa structure, ses éléments constitutifs et ses principes de fonctionnement. L'accent est mis sur ses avantages clés, tels que son coût relativement faible, sa simplicité de mise en œuvre et son adaptabilité à divers environnements de travail. Les limites du pont roulant monopoutre sont également abordées, permettant de comprendre son champ d'application optimal.

Le troisième chapitre aborde l'étude et la conception d'un pont roulant monopoutre, s'appuyant sur les connaissances acquises dans les chapitres précédents. Il s'agit d'une étape cruciale, nécessitant une analyse approfondie des contraintes et des efforts auxquels le pont roulant sera soumis. Le choix des matériaux, le dimensionnement des éléments structurels, le calcul des forces et des moments, ainsi que la vérification des normes de sécurité sont autant d'aspects importants abordés dans ce chapitre.

Le quatrième et dernier chapitre explore la simulation numérique du pont roulant monopoutre à l'aide du logiciel SolidWorks. L'utilisation de ce logiciel de modélisation 3D permet de simuler le comportement du pont roulant sous charge, de prédire ses déformations et de valider les résultats obtenus lors de la phase de conception. Cette approche numérique permet d'optimiser la conception, d'identifier les zones critiques et d'anticiper les éventuels problèmes de fonctionnement.

Ce mémoire se veut un guide complet pour l'étude, la modélisation et la conception des ponts roulants monopoutre. Il s'adresse aux étudiants, aux ingénieurs et aux professionnels souhaitant acquérir une connaissance approfondie de ce système de manutention indispensable dans de nombreux secteurs industriels. L'expérience acquise au sein de Delta Précision et l'utilisation de SolidWorks confèrent à ce mémoire une dimension pratique et appliquée, permettant de mieux appréhender les défis et les opportunités liés à la conception et à la fabrication des ponts roulants monopoutre.

Présentation de la société**I. Généralité :**

DELTA-PRECISION, a été créée en 2014 avec pour ambition d'offrir des prestations d'étude technique, fabrication mécanique, mécatronique et construction métallique afin de répondre aux besoins du marché national.



Figure I 1 : L'usine DELTA-PRECISION

I.1. Prestations offertes par DELTA-PRECISION :

Delta-Précision propose les prestations suivantes aux entreprises algériennes :

- Etudes relatives à des systèmes mécaniques et/ou mécatroniques ;
- Fabrication des produits mécaniques et/ou métalliques, selon exigences client, plans ou modèles ;
- Régénération ou la réparation de produits et composants pour les besoins de l'industrie.

Forte de sa longue expérience et du savoir-faire de ses spécialistes, DELTA-PRECISION cible notamment les secteurs suivants :

- Oil & Gaz ;
- L'industrie manufacturière.

I.2. Organigramme de l'entreprise :

L'organigramme permet de définir la hiérarchie et les fonctions des individus au sein des différents services d'une organisation.

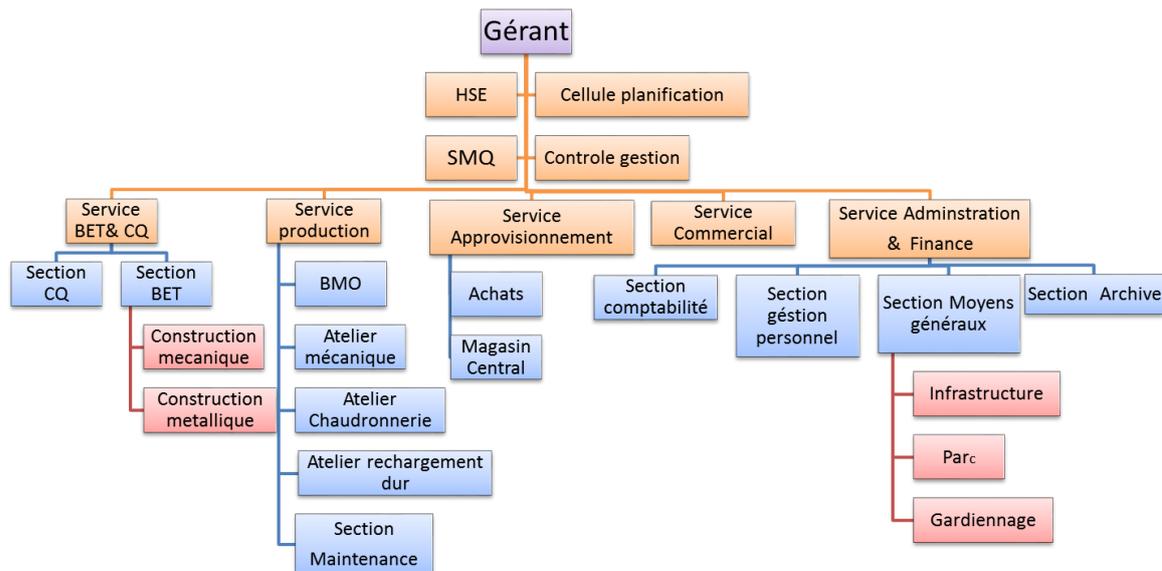


Figure I.2 : Organigramme du DELTA-PRECISION.

I.2. Domaine d'application :

Le présent manuel décrit le système qualité mis en place au sein de DELTA-PRECISION, qui répond aux exigences de la norme ISO 9001 :2015.

Les objectifs sont de garantir la satisfaction de nos clients en fournissant des produits conformes, ainsi que de permettre à l'ensemble du personnel d'avoir une vue globale de l'organisation qualité de l'entreprise.

À cet effet, le manuel décrit les dispositions planifiées par Delta-Précision en vue de réaliser des produits conformes aux attentes des clients et aux exigences réglementaires, tout en respectant les délais, ainsi que de surveiller et d'améliorer les performances de Delta-Précision en matière de qualité.

Il est mis à la disposition des clients et des parties intéressées sur demande.

ISO 9001 : 2015	Systèmes de management de la qualité – Exigences
ISO 9000 : 2015	Systèmes de management de la qualité – Principes essentiels et vocabulaire
SMQ	Système de management de la qualité

Pour les termes et définitions se référer à la norme internationale ISO 9000 -2015.

Tableau.1 : Références et termes.

I.3. Contexte de l'organisme :

I.3.1. Compréhension de l'organisme et de son contexte :

Delta-Précision identifie les enjeux internes et externes pertinents par rapport à sa finalité et son orientation stratégique. Ces informations sont documentées dans le document CON-01.

Les enjeux internes et externes sont réexaminés annuellement.

I.3.2. Parties intéressées - Besoins et attentes :

Delta-Précision identifie les parties intéressées pertinentes dans le cadre de son système de management de la qualité (SMQ) qui ont un impact réel ou potentiel sur les produits et les services. Les exigences des parties intéressées sont documentées dans le document **CON-01**.

Les parties intéressées et leurs exigences sont réexaminées annuellement pour garantir que Delta-Précision reste en mesure de répondre aux besoins et aux attentes de ses parties prenantes.



Figure I.3 : Delta-Précision et les parties intéressées.

I.3.3. Domaine d'application :

Le système de management de la qualité de Delta-Précision prend en compte toutes les exigences de la norme ISO 9001 :2015, à l'exception de la gestion du service après-vente (SAV).

Le SMQ décrit les dispositions prises par Delta-Précision pour assurer la qualité et la conformité des produits et services liés aux activités suivantes :

- Études techniques ;
- Fabrication mécanique ;
- Mécatronique ;
- Construction métallique ;

Le SMQ vise à garantir la satisfaction des clients en fournissant des produits conformes et de qualité, tout en respectant les exigences réglementaires applicables.



Figure I.4 : SARL DELTA PRECISION.

I.3.4. Système De Management De La Qualité :

Le système de management de la qualité de DELTA-PRECISION est constitué de sept (07) processus en interaction permanente.

- **Procédure : maîtrise des documents et des enregistrements** : précise les modalités de création, modification, diffusion, conservation, retrait des documents et enregistrements, y compris les documents d'origine externe, ainsi les fiches relatives aux missions et attributions des responsabilités et autorités de l'entreprise.
- **Procédure : maîtrise des plans** : précise les modalités de création, modification, diffusion, conservation et retrait des documents graphiques.
- **Processus Management** : comprend les activités de planification, organisation, surveillance et amélioration du système de management de la qualité.

- **Processus Commercial** : comprend les activités d'établissement de l'offre et de la revue des exigences clients, le suivi de l'affaire et l'expédition des produits finis ainsi que la prise en charge des réclamations clients et de surveillance du niveau de satisfaction client.
- **Processus Étude & conception** : comprend les activités d'étude et conception, établissement des plans.
- **Processus Approvisionnement** : Les activités de ce processus est d'approvisionner le processus de production en matières premières, produits et gestion de la sous-traitance et des stocks.
- **Processus Production** : comprend les activités méthodes et ordonnancement, la fabrication de l'ensemble des activités énuméré au § 4.3.
- **Processus de Contrôle de la qualité** : comprend les activités de contrôle et libération des produits, ainsi que le suivi de contrôle des instruments de mesures.
- **Processus Gestion des ressources humaines** : comprend les activités de recrutement, formation et développement des ressources humaines.

I.4. Cartographie des processus :

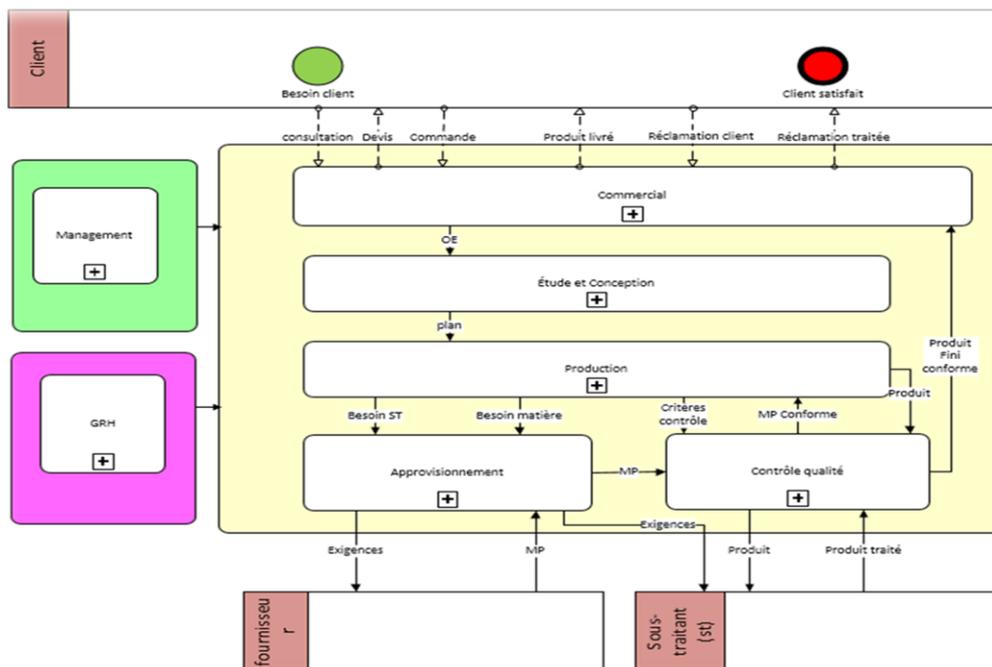


Figure I.5 : Schématisation Cartographie des processus.

I.4.1. Description des interactions entre les processus :

	COMM	ETUDE & CONCEPTION	APPROS	PROD	CQ	RH	MAN
COMM		Exigence technique du produit fourni par le client	Exigence client et réglementaires	Ordre d'exécution	Réclamation clients	Demande de recrutement et formations	Communication des résultats des fonctionnements de processus et améliorations
ETUDE & CONCEPTION	Etude de faisabilité des Offres techniques		Besoins en matière pour établissement de l'offre	Plans d'exécution conforme aux exigences client et réglementaire	Plans d'exécution conforme aux exigences client et réglementaire	Demande de recrutement et formations	Communication des résultats des fonctionnements de processus et améliorations
APPROS	Communiquer les prix et délais réalisables des produits et prestations	Communiquer la disponibilité des matières premières		Assurer la disponibilité de la matière première et produits	Matières premières et produits conformes	Demande de recrutement et formations	Communication des résultats des fonctionnements de processus et améliorations
PROD	Respect des délais de fabrication et des exigences	Respecter les plans d'exécution au cours de la fabrication	Demande d'acquisition de la matière première et produit		Produit conforme aux exigences clients et réglementaire	Demande de recrutement et formations	Communication des résultats des fonctionnements de processus et améliorations
CQ	Produit conforme aux exigences réglementaires et les quantités à livrer	Obligation de respecter les plans d'exécution au cours de contrôle	contrôle de la matière première et les produits sous-traités	Contrôle à chaque étape de la fabrication		Demande de recrutement et formations	Communication des résultats des fonctionnements de processus et améliorations
RH	Disponibilité des ressources humaines et compétences		Communication des résultats des fonctionnements de processus et améliorations				
MAN	Déterminer et communiquer les objectifs qualité et les axes d'améliorations	Déterminer et communiquer les objectifs qualité et les axes d'améliorations	Déterminer et communiquer les objectifs qualité et les axes d'améliorations	Déterminer et communiquer les objectifs qualité et les axes d'améliorations	Déterminer et communiquer les objectifs qualité et les axes d'améliorations	Déterminer et communiquer les objectifs qualité et les axes d'améliorations	

Tableau 2 : Description des interactions entre les processus.

I.4.2. Périmètre d'application :

Ce manuel qualité est applicable au site de DELTA-PRECISION.

I.5. LEADERSHIP :

I.5.1. Leadership et engagement :

Les orientations stratégiques de DELTA-PRECISION découlent du contexte de l'entreprise. Elles sont ensuite déclinées en objectifs stratégiques et opérationnels, chacun étant accompagné de ses propres indicateurs de performance.

Ces objectifs sont déployés à tous les niveaux de l'entreprise DELTA-PRECISION, notamment grâce à des tableaux de bord qualité associés à des indicateurs permettant de suivre et mesurer leur réalisation. Ainsi, chaque processus contribue de manière cohérente à la stratégie de l'entreprise et fournit les données nécessaires à la construction des indicateurs suivis par le Système de Management de la Qualité (SMQ).

La politique qualité de DELTA-PRECISION est en accord avec l'ensemble de ses orientations et objectifs. Les objectifs qualité de l'entreprise font partie intégrante de ses objectifs stratégiques.

I.5.2. Orientation client :

Chez DELTA-PRECISION, la satisfaction client est une priorité absolue. Pour cela, nous avons mis en place une organisation rigoureuse pour traiter les exigences clients et les réclamations.

Le service commercial est responsable de prendre en compte les exigences des clients et d'évaluer leur satisfaction tout au long du processus. Le processus étude et conception est chargé d'analyser les exigences techniques des clients et de concevoir des solutions qui répondent à leurs besoins.

Les réclamations sont traitées et gérées selon la procédure gestion relation client «**PRO-09**».

I.5.3. Politique qualité :

Afin de répondre aux exigences croissantes de son environnement et de mieux satisfaire sa clientèle et ses parties prenantes, DELTA-PRECISION s'est engagée dans une politique d'amélioration continue. Pour cela, nous avons mis en place un système de management de la qualité conforme aux exigences de la norme ISO 9001 Version 2015.

- Axe 1 : assurer des prestations conformes aux exigences des normes applicables et aux exigences des clients ;
- Axe 2 : assurer les livraisons dans les délais prescrits.

Ces deux axes sont essentiels pour assurer la satisfaction de nos clients et renforcer notre positionnement sur le marché.

I.5.4. Responsabilités et autorités :

Les missions, responsabilités et autorités de chaque fonction de l'entreprise DELTA-PRECISION sont définies de manière détaillée dans les fiches de processus **PRC-06**, l'organigramme de l'entreprise ainsi que dans les fiches de poste **RH-05**.

I.6. PLANIFICATION**I.6.1. Risques et opportunités :**

DELTA-PRECISION identifie et analyse :

- Les risques de non-conformité des produits et services,
- Les risques et opportunités associés aux processus de l'entreprise,
- Les risques et opportunités relatifs au système de management de la qualité lui-même.

Les risques identifiés incluent les dysfonctionnements qui affectent la conformité du produit, la satisfaction du client, l'intégrité du SMQ.

Incluent aussi les opportunités d'amélioration en relation avec la conformité du produit, la satisfaction du client et l'efficacité du SMQ.

L'analyse des risques et opportunités est consignée dans le document “ **analyse des risques et opportunités « ARO »**”. Elle permet d'associer aux risques et opportunités identifiés des actions préventives.

L'analyse des risques est revue et alimentée par le retour d'expérience et à l'occasion de la revue de direction.

I.6.2. Objectifs qualité et plans d'actions :

La Direction de DELTA-PRECISION établit chaque année des objectifs qualité à atteindre pour l'entreprise. Ces objectifs sont ensuite communiqués aux différentes structures concernées et déclinés en plan d'action. Ce plan d'action fait l'objet d'un suivi régulier et peut être ajusté si nécessaire pour garantir l'efficacité et la pertinence des actions entreprises. Ainsi, la performance de l'entreprise en matière de qualité est continuellement évaluée et améliorée pour répondre aux attentes des clients et des parties prenantes.

I.6.3. Planification des modifications :

Lors de la réunion de revue de direction, les éléments de la planification du système sont examinés et peuvent faire l'objet d'une révision en cours d'année à la demande d'un responsable de processus.

Cette révision peut concerner les objectifs qualité, le plan d'action et les indicateurs de performance. La direction s'assure que toutes les modifications apportées sont documentées.

Chapitre I

Généralité sur les moyens de manutention.

I.1 Introduction :

L'évolution de l'humanité a été marquée par de nombreuses innovations qui ont transformé la vie quotidienne. La vie est dynamique, tout comme le développement de l'humanité, car les deux entités sont intrinsèquement liées. Au fil du temps, les méthodes de levage et de transport des charges lourdes, fragiles ou fondues ont considérablement évolué. La manutention, définie comme l'action de déplacer et de manipuler des articles en vrac, emballés ou individuels sous une forme semi-solide ou solide, se déroule généralement au sein d'un établissement de fabrication, de transformation ou de service. Les systèmes de manutention peuvent être manuels, semi-automatiques ou entièrement automatiques, chacun offrant des niveaux variés d'efficacité et de précision.

I.2 Définition :

Un pont roulant est un type de dispositif de levage utilisé pour déplacer des charges lourdes dans des environnements industriels tels que les entrepôts, les usines et les ports. Il se compose généralement d'une structure métallique en forme de pont, montée sur des rails fixés au sol ou au plafond. Ce pont est équipé d'un ou plusieurs chariots roulants qui se déplacent le long des rails, permettant ainsi de déplacer la charge horizontalement. La charge elle-même est suspendue à un palan qui peut être abaissé ou levé pour déplacer la charge verticalement. Les ponts roulants sont couramment utilisés dans de nombreux secteurs industriels en raison de leur capacité à déplacer efficacement des charges lourdes sur de longues distances à l'intérieur d'une installation.

I.3. Définition et réglementation de manutention :

I.3.1. Définition de manutention :

La manutention se réfère à l'ensemble des opérations qui consistent à déplacer lever transporter stocker et manipuler des matériaux des marchandises ou des produits généralement au sein d'un espace restreint comme un entrepôt une usine ou un chantier. Elle englobe une variété d'activités allant de la simple manipulation manuelle a l'utilisation d'équipements mécanique sophistiquée.

I.3.2. 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 :

- 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.

I.4. Classification des ponts roulants :

On distingue 4 familles principales d'appareils dont la construction peut être des deux types suivants : le pont (ou le portique) est dit monopoutre, lorsque sa charpente est réalisée avec une seule poutre (le chariot de levage est alors monorail), le pont est dit bipoutre lorsque sa charpente est constituée de deux poutres, le chariot de levage est alors du type monorail.

✚ Ponts roulants posés :

Les ponts roulants posés, ou ponts roulants sur rails au sol, sont des dispositifs de levage industriels utilisés pour déplacer des charges lourdes à l'intérieur d'une installation. Contrairement aux ponts roulants suspendus, ils reposent sur des rails installés directement sur le sol. Composés d'une structure en forme de pont avec des chariots roulants se déplaçant le long des rails, ils permettent de déplacer les charges horizontalement, tandis que des palans suspendus permettent de les déplacer verticalement. Ces ponts sont largement utilisés dans divers secteurs industriels pour leur efficacité et leur capacité à manipuler des charges lourdes sur de courtes distances.



Figure I.1 : Ponts roulants posés

✚ Ponts roulants suspendus :

Les ponts roulants suspendus sont des dispositifs de levage industriels qui permettent de déplacer des charges lourdes dans des environnements industriels. Contrairement aux ponts roulants posés sur des rails au sol, ils sont fixés au plafond de l'installation. Ces ponts se composent généralement d'une structure en forme de pont suspendue à des rails au plafond, avec des chariots roulants se déplaçant le long de ces rails. Un palan suspendu permet de déplacer la charge verticalement. Les ponts roulants suspendus sont utilisés lorsque l'espace au sol est limité ou lorsque l'installation de rails au sol n'est pas possible. Ils offrent une solution de levage efficace et peuvent être adaptés pour répondre à des besoins spécifiques en matière de manutention de charges lourdes.



Figure I.2 : Ponts roulants suspendus

✚ Ponts portiques :

Un pont portique est un type de pont roulant utilisé dans l'industrie pour déplacer des charges lourdes. Contrairement aux ponts roulants posés sur des rails au sol ou suspendus au plafond, le pont portique utilise des piliers ou des colonnes sur les côtés de la voie de roulement pour soutenir sa structure. Cela lui permet de traverser des espaces ouverts sans nécessiter de rails au sol. Les ponts portiques sont adaptés pour les applications extérieures, les entrepôts à

grande hauteur et d'autres installations où l'espace ou les configurations du site rendent difficile l'installation de rails au sol. Ils offrent une grande flexibilité et peuvent être conçus pour différentes capacités de charge et configurations d'installation.



Figure I.3 : *Ponts portiques*

✚ Ponts Semi portiques :

Un pont semi-portique est un type de pont roulant qui combine les caractéristiques des ponts roulants simples ou doubles poutres avec celles des ponts roulants portiques. D'un côté, il utilise une poutre pour soutenir le chariot roulant et le palan, tandis que de l'autre côté, il s'appuie sur une colonne ou un pilier pour soutenir le reste de la structure. Cette conception permet de bénéficier de l'espace libre d'un côté tout en offrant une structure stable et rigide de l'autre côté. Les ponts semi-portiques sont souvent utilisés lorsque l'espace est limité d'un côté ou lorsqu'une extrémité du pont doit être libre de toute obstruction.



Figure I.4 : *Ponts Semi portiques*

+ Palan :

Un palan est un dispositif de levage mécanique utilisé pour soulever et abaisser des charges lourdes. Il est composé principalement de poulies et de câbles ou de chaînes. Le palan utilise le principe de la démultiplication de la force, permettant de soulever des charges lourdes avec une force relativement faible.

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.5 : Palan

+ Potence :

La potence, également connue sous le terme de "potence de levage" ou "potence de grue", est un dispositif de levage conçu pour déplacer des charges dans une zone spécifique. Elle se compose d'une colonne verticale fixée au sol ou à un mur, et d'une flèche horizontale pivotante équipée d'un mécanisme de levage tel qu'un palan.



Figure I.6 : *Potence*

Treuil :

Un treuil est un dispositif mécanique utilisé pour tirer ou soulever des charges lourdes. Il est couramment employé dans diverses industries, y compris la construction, le transport, le sauvetage et l'industrie maritime. Le treuil fonctionne grâce à un tambour rotatif autour duquel est enroulé un câble, une chaîne ou une corde.

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.7 : *Treuil*

Grues :

Les grues sont des équipements de levage essentiels dans de nombreuses industries pour déplacer des charges lourdes sur de grandes distances. Elles se composent généralement d'une structure en forme de tour ou de flèche, d'un système de contrepoids et d'un mécanisme de levage qui peut être actionné manuellement ou par des moteurs électriques, hydrauliques ou pneumatiques. Les grues sont utilisées dans divers domaines, tels que la construction, la construction navale, la logistique portuaire, l'industrie manufacturière et les opérations de sauvetage.



Figure I.8 : Grues

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.



Figure I.9 : Chariot élévateur

✚ Tables élévatrices :

Les tables élévatrices, également connues sous le nom de plateformes élévatrices, sont des équipements de levage utilisés pour déplacer des charges verticalement dans divers environnements industriels, commerciaux et logistiques. Elles sont conçues pour soulever des charges lourdes de manière sécurisée et efficace, offrant une alternative pratique aux ascenseurs ou aux chariots élévateurs dans certaines situations.



Figure I.10 : Tables élévatrices

IV. Conclusion :

La manutention joue un rôle essentiel dans l'efficacité des opérations industrielles, particulièrement dans les environnements manufacturiers où le transport et la gestion des charges lourdes sont cruciaux. Les divers types de dispositifs de levage, comme les ponts roulants, les grues, les palans et les chariots élévateurs, permettent de rationaliser le déplacement des matériaux et des produits finis. Chacun de ces équipements offre des solutions spécifiques adaptées aux besoins variés des entreprises, contribuant ainsi à la fluidité et à la sécurité des opérations logistiques. La compréhension et l'application adéquate des techniques de manutention optimisent la productivité et assurent le bon fonctionnement des processus industriels, soulignant l'importance de choisir les équipements appropriés et de suivre les réglementations en vigueur.

Chapitre II

Le pont roulant mono-poutre

II.1 Introduction :

Les ponts roulants monopoutre jouent un rôle essentiel dans la manutention industrielle, offrant des solutions efficaces pour le levage et le transport de charges lourdes. Ce chapitre explore les caractéristiques et les avantages de ces équipements, en commençant par une description de leurs composants principaux, tels que la poutre unique, les chariots de levage, et les systèmes de contrôle.

Nous examinerons les différents éléments constitutifs de ponts roulants monopoutre et le principe de fonctionnement, en précisant leurs applications spécifiques. Les critères de sélection, les aspects de sécurité et la conformité aux normes industrielles et les différents mouvements possibles seront également abordés.

II.2 Généralités :

-Le pont roulant est un moyen de manutention indispensable dans bien des secteurs industriels. Les centrales hydrauliques, les constructions navales, l'armement, les cimenteries, la sidérurgie, les usines d'incinération d'ordures

-des ménagères... sont autant d'exemples qui témoignent de l'utilité de ce moyen de levage et de transbordement.

Il se compose généralement d'une poutre simple ou composée appelée portée de deux sommiers sur lesquelles se trouvent fixées les extrémités de la poutre (ces sommiers portent les roues ou galets qui permettent au pont de mouvoir longitudinalement) d'un chariot mobile le long de la portée qui porte l'engin de levage (treuil) l'ensemble chariot-engin étant dénommé équipage mobile de levage.

Ces appareils permettent, au moyen de mouvement de levage, direction et translation de déplacer ou de transborder une charge en tout point d'un volume parallélépipédique.



FigureII.1 : Le pont roulant.

II.3 Principe de fonctionnement :

Les ponts roulants sont généralement installés dans des halls industriels ou leur prolongement à l'air libre. Ils permettent la manutention de la charge dans tout l'espace de ces halls. Ils sont installés en hauteur et circulent sur des rails fixés sur des poutres de roulement en acier ou en béton, en encorbellement ou reposant sur des poteaux.

Sur un petit roulant, la conduite de l'engin se fait par télécommande ou radiocommande, les gros ponts possèdent souvent une cabine de conduite, mais il peut y avoir plusieurs ponts dans une même travée, chacun d'eux alors protégé par un système anticollision.

II.4 Description - Eléments constitutifs :

Les éléments principaux du pont roulant.

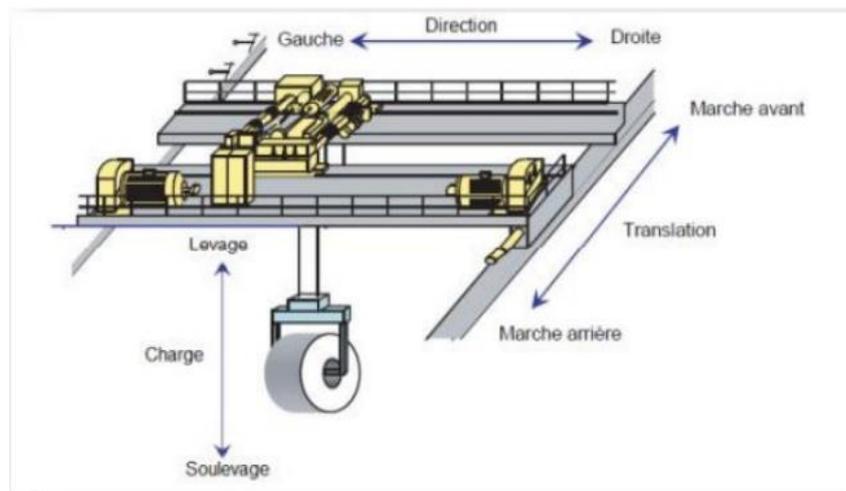


Figure II.2 : les éléments principaux du pont roulant.

Un pont roulant est constitué par les organes suivants :

- Une ossature
- Un chariot
- Les mécanismes nécessaires à l'obtention des différents mouvements

II.4.1 L'ossature : L'ossature comprend

- La ou les poutres principales.
- Les sommiers.

Selon la charge et la portée, les ponts comportant une ou deux poutres principales.

II.4.1.1 Poutre principale :

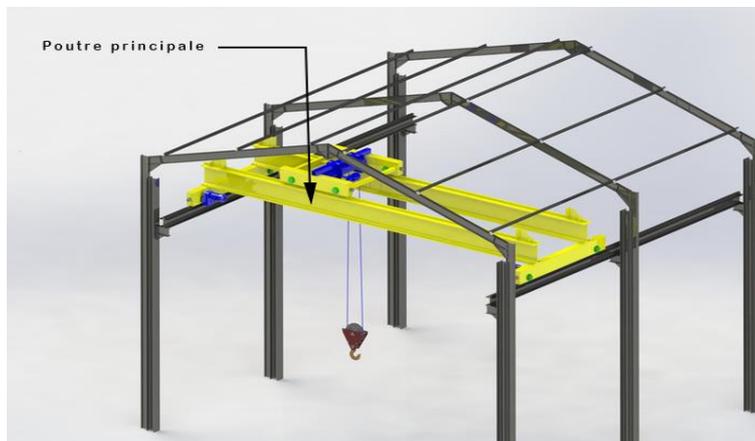


Figure II. 3 : poutre principal

➤ **Poutres en profilé du commerce**

Cette construction est économique, mais elle a un poids mort relativement élevé. On la rencontre surtout pour des ponts de portée et capacité de levage faibles. Les profilés utilisés sont principalement en acier de type HEA ou HEB.

➤ **Poutres mécano-soudées (PRS) :**

Afin d'optimiser leurs caractéristiques mécaniques (horizontale et verticale) les poutres sont reconstituées par mécano-soudure. Elles peuvent être :

- **En caisson :** la poutre se compose de deux semelles supérieures et inférieures, deux tôles d'âme de faible épaisseur généralement renforcées par des cornières soudées, et des entretoises qui évitent le flambage des tôles d'âme.
- **En âme pleine :** La poutre se compose généralement d'une semelle supérieure réalisée à l'aide d'un profil laminé (UPN par exemple pour obtenir une bonne inertie horizontale), d'une tôle d'âme, d'une semelle inférieure en profil laminé.
- **Autres constructions :** D'autres solutions intermédiaires sont employées, notamment:
 - Construction à base de profilé renforcé par des poutres de rive ou des tôles d'âme verticales soudées sur les ailes des profilés.

-Construction en treillis.

II.4.1.2 sommiers :



Figure II.4 : sommiers

Les sommiers sont les éléments de la charpente supportant les galets de roulement, ainsi que les mécanismes de translation du pont, deux constructions sont possibles : sommiers rigides ou boggies articulés.

La distance entre les points de contact sur le rail des deux galets d'un même sommier est appelée empattement, elle est déterminée en fonction de la portée du pont ou du portique et elle est généralement égale au $1/6$ de la portée.

➤ **Sommiers de ponts posés :**

Ils sont constitués, soit par un caisson mécano-soudé, soit par des profilés assemblés ou tubes de section rectangulaire ; ils comportent des éléments usinés qui permettent le montage des sous-ensembles mécaniques et lorsque la charge est élevée, ils peuvent être multiples et sont appelés boggies.

➤ **Sommiers de ponts suspendus :**

Généralement constitué à partir de profilé (UPN par exemple), le sommier est en deux parties de manière à permettre le montage du pont sur son chemin de roulement.

Des dispositifs appropriés permettent de régler l'écartement des deux demi-sommiers en fonction de la taille des fers du chemin de roulement.

Si la portée est importante (hangar d'aviation par exemple), les ponts suspendus peuvent comporter plus de deux sommiers.

La poutre de pont roulant est alors articulée au droit de chaque sommier intermédiaire de telle sorte que le système reste isostatique.

Cette solution est particulièrement intéressante, car elle permet de réduire l'inertie de la poutre principale et par voie de conséquence son encombrement vertical et son poids.

➤ **Assemblage poutre-sommiers :**

Pour des raisons de facilité de transport, les sommiers sont généralement démontables, et, de ce fait, l'assemblage poutre-sommier revêt une grande importance, car il détermine la géométrie du pont.

L'assemblage s'effectue au moyen de deux plaques assemblées par boulonnage. L'une est solidaire de l'extrémité de la poutre, l'autre est soudée sur le sommier, soit en partie supérieure (l'extrémité poutre repose sur le sommier), soit sur la face intérieure (montage par boulons à haute résistance).

II.4.2 Chariot de pont roulant :

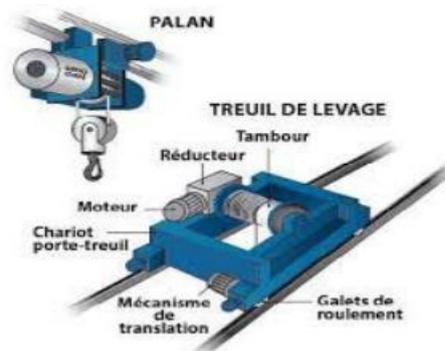


Figure II.5: Chariot de pont roulant.

Ensemble auquel est suspendu le dispositif de préhension, le crochet le moufle ou autre accessoires de levage et comportant généralement les mécanismes de levage, de direction et éventuellement, d'orientation de la charge il est généralement réalisé au moyen de profilés assemblés par mécano soudure. Il est de type monorail ou bi rail selon que le pont mono poutre ou bipoutre.

II.4.3 Ensemble Du Mouflage :

Ensemble de deux moufles assemblées par un câble comportant essentiellement :

- Un moyeu.
- Un disque matérialise par un voile ou des bras.
- Une jante d'appui, pièce de révolution, à gorge ou à empreinte.

Le mouflage a pour effet :

- De démultiplier l'effort nécessaire au levage, ou à la traction d'une charge, ou à la tension du câble, etc.

II.4.3.1 Réa :

On appelle souvent « réa » une poulie de renvoi à gorge ou une poulie à gorge utilisée dans une moufle.

II.4.3.2 Galet de renvoi ou de retour :

Ensemble comportant essentiellement un moyeu, un disque matérialise par un voile ou des bras et une jante d'appui généralement plate.

II.4.3.3 Roue ou pignon de renvoi ou de retour :

Ensemble comportant essentiellement un moyeu, un disque matérialise par un voile ou des bras et une jante à gorge ou dentée.

II.4.3.4 Moufle :

Ensemble des réas, galets ou pignon généralement coaxiaux disposés dans un bâti (carter, chape).



Figure II.6 : moufle

II.4.4 Tambour :

Pièce sur laquelle s'enroule le câble (ou la chaîne calibrée).



Figure II.7 : Tambour

Il est habituellement mécano soudé et usiné. La virole sur laquelle est enroulé est fileté. Les extrémités de la virole sont fonction de mode d'entraînement du tambour et de disposition de ses paliers les principaux modes d'entraînement du tambour sont les suivants :

Par une couronne solidaire d'un flasque ;

- Par un réducteur à arbre creux monté flottant sur un arbre de tambour.
- Par un réducteur noyé dans la virole.
- Par un accouplement porteur, à denture bombée, fixé sur un flasque.
- Par un accouplement à denture entraînant un arbre de tambour.

Un des flasques de tambour peut être usiné pour être utilisé comme disque de frein de sécurité.

Le tambour peut être lisse rainuré, il comporte un point de fixation du câble (ou de chaîne).

Il y a deux types de tambour :

- **Tambour à simple enroulement** : c'est un tambour sur lequel un seul brin de câble s'enroule.
- **Tambour à double enroulement** : c'est un tambour sur lequel deux brins de câble ou deux câbles s'enroulent.

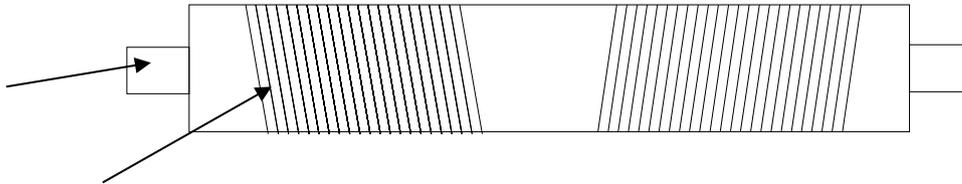


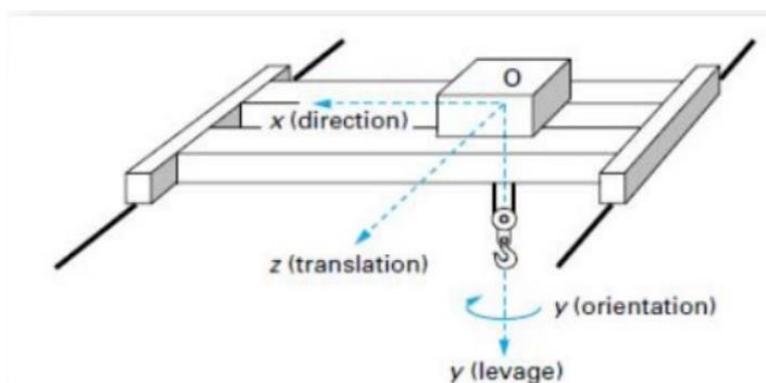
Figure I.8: Tambour a doublé enroulement

II.4.5 Poutre de roulement :

Élément porteur longitudinal (profilé laminé, poutre composée à âme pleine) servant au roulement des galets définis au précédant.

II.5 Les différents Mouvements possibles :

Les ponts roulants peuvent généralement effectuer plusieurs mouvements, notamment



FigureII.9: Mouvement et mécanismes

II.5.1 Mouvement de levage :

Mouvement vertical du crochet ou des accessoires de levage (avec ou sans charge) selon l'axe (OY).

II.5.2 Mouvement de direction :

Déplacement de chariot par rapport à l'ossature du pont selon l'axe (OX).

II.5.3 Mouvement de translation :

Déplacement de l'ensemble, de l'appareil sur le chemin de roulement selon l'axe (OZ).

II.5.4 Mouvement d'orientation :

(Ou giration) rotation d'un ensemble, solidaire des accessoires de levage, autour de l'axe vertical (OY).

II.6 Mécanismes permettant les mouvements :

II.6.1 Mécanisme de levage :

Le mécanisme de levage d'un pont roulant est composé d'un palan électrique ou manuel monté sur un chariot se déplaçant le long de la poutre principale. Ce palan utilise des câbles ou des chaînes pour soulever la charge, actionnés par un moteur électrique ou par l'opérateur. Un système de suspension sécurisé est utilisé pour attacher la charge, tandis que des dispositifs de freinage, de contrôle de vitesse et de limiteur de charge assurent la sécurité et la précision du levage. Ce mécanisme permet un déplacement vertical contrôlé des charges, offrant une solution de levage efficace dans diverses applications industrielles.

-Ce mécanisme peut comporter les éléments suivants :

- Moteur de levage principal.
- Tambour, roue dentée ou noix d'entraînement de levage principal.
- Freins.
- Réducteur de vitesse.
- Moufle.

II.6.2 Mécanisme de direction :

Cet ensemble de charpente sert de support à l'appareil de levage, ainsi qu'aux mécanismes de direction. Il est généralement réalisé au moyen de profilés assemblés par mécano-soudure. Il est du type monorail ou bi-rail selon que le pont ou le portique est monopoutre ou bipoutre.

Le mouvement de direction est réalisé au moyen d'un chariot associé au palan et se déplace soit sur la voie de roulement de la poutre du pont ou du portique, soit sur l'aile inférieure de la poutre (cas monopoutre), ou encore, parfois, sur l'aile supérieure d'une poutre caissonnée (torsion).

Le chariot est constitué par un bâti métallique apte à recevoir une unité de levage, et muni de quatre galets à double boudin ou à simple boudin. Il n'y a pas de possibilité de réglage, puisque le bâti correspond à l'entraxe donné par les deux rails de roulement et doit comporter obligatoirement un dispositif anti-dérailleur efficace.

Se compose des éléments suivants :

- Moto réducteur frein.
- Arbre de transmission.
- Galets de direction.

II.6.3 Mécanisme de translation :

Le mécanisme de translation se compose de galets porteurs montés sur le sommier qui sont des pièces de révolution cylindriques ou coniques permettant les déplacements sur les diverses voies de roulement. Les galets peuvent être :

- à double boudin
- à simple boudin (principalement utilisés sur les sommiers de ponts roulants suspendus)
- lisses et, dans ce cas, ils doivent être accompagnés de galets de guidage

Chaque sommier comporte 2 galets dont un est moteur. Le guidage en rotation des axes porte-galets est assuré par des paliers munis le plus souvent de roulement à rouleaux. Ces paliers peuvent usinés directement dans les sommiers ou rapportés.

Pour des charges importantes et afin de ne pas augmenter le diamètre des galets, on multiplie le nombre des galets (8, 12, 16 galets par sommier). Pour rendre le système isostatique, ils sont montés sur balancier. Cette solution est intéressante, car elle réduit l'encombrement vertical et elle répartit les charges sur le chemin de roulement. De ce fait, elle permet l'emploi de fers de roulement plus petits.



Galet à double boudin Galet à simple boudin Galet à boudin central Galet lisse

II.6.3 Mécanisme d'orientation :

Le mécanisme d'orientation dans un pont roulant permet de pivoter ou d'orienter la charge dans différentes directions par rapport au pont ou au chariot. Il peut être situé au niveau du pont ou du chariot est actionné par des moteurs électriques, hydrauliques ou pneumatiques. Les opérateurs contrôlent généralement l'orientation à l'aide de commandes manuelles ou à

distance. Des dispositifs de sécurité sont intégrés pour prévenir les collisions et garantir un fonctionnement sûr.

II.7 Classement des appareils de levage :

II.7.1 Classement des appareils en fonction du service Classe d'utilisation :

- **Etat de charge :**

Etat de charge	Définition	Spectre correspondant
0 (Très léger)	Appareils soulèvent exceptionnellement la charge nominale et couramment des charges très faible	P=0
1 (Léger)	Mécanisme de levage soumis exceptionnellement à la sollicitation maximale et couramment a des sollicitation nettement inférieures,	P=1/3
2 (Moyen)	Mécanisme de levage soumis pendant des temps sensiblement égaux à des sollicitations faibles moyennes et max.	P=2/3
3(Lourd)	Mécanisme de levage soumis essentiellement a dans sollicitations voisine de la sollicitation maximale.	P=1

Tableau 3 : Etat de charge et paramètres de la charpente.

II.8 Classement des mécanismes en fonction des services :

- **Classe de fonctionnement :**

Classe de fonctionnement	Temps moyen de fonctionnement quotidien présume en heure	Durée totale théorique d'utilisation en heure
V 0.25	$t_{mf} \leq 0.5$	≤ 800
V 0.5	$0.5 < t_{mf} \leq 1$	1600
V 1	$1 < t_{mf} \leq 2$	3200
V 2	$2 < t_{mf} \leq 4$	6300
V 3	$4 < t_{mf} \leq 8$	12500
V 4	$8 < t_{mf} \leq 16$	25000
V 5	$t_{mf} \leq 16$	50000

Tableau 4: Classe de fonctionnement.

- **Etat de sollicitation**

L'état de sollicitation indique dans quelle mesure un mécanisme ou un élément est soumis à sa charge maximale ou, au contraire, à des charges réduites.

- **Choix du coefficient de majoration dynamique**

Le coefficient de majoration dynamique M varie en fonction du groupe de classification de l'appareil. Les valeurs correspondantes sont présentées dans le tableau ci-dessous.

	groupe					
	1	2	3	4	5	6
M	1	1	1	1.06	1.12	1.2

Tableau 5: coefficient de majoration M.

II.9 Conclusion

Conformément aux règles de calcul de la Fédération Européenne de Manutention, et en référence à l'état de charge 2, notre pont roulant est classé dans le groupe 2M. Tous les calculs des mécanismes ultérieurs seront basés sur cette classification.

Les ponts roulants monopoutres sont essentiels pour la manutention industrielle, permettant de déplacer des charges lourdes avec précision et sécurité. Leur conception comprend une ossature robuste, un chariot de levage, et divers mécanismes de mouvement. Ils sont classés selon leur utilisation et état de charge, garantissant une adaptation optimale aux tâches spécifiques et une longue durée de vie. Respectant les normes de la Fédération Européenne de Manutention, ils assurent performance et sécurité, étant indispensables dans les environnements industriels exigeants.

Chapitre III

Étude et conception D'un Pont

Roulant

III.1 Introduction

Ce chapitre traite de l'étude et du dimensionnement des ponts roulants, équipements essentiels dans de nombreux secteurs industriels pour le déplacement de charges lourdes. L'analyse se focalise sur trois principaux mécanismes : le levage, la direction, et la translation.

Norme utilisée :

- FEM (Fédération européenne de manutention)
- Eurocode 3 MémoTech-Structures métalliques
- CTICM-Extrait de la revue « Construction Métallique » n°

III.2 Mécanisme de levage

III.2.1 Choix de câble

Multiplicité :

Dans le contexte des systèmes de levage, en particulier pour les ponts roulants et autres dispositifs utilisant des câbles ou des cordes pour soulever des charges, la multiplicité se réfère à un concept spécifique. Elle est définie comme le rapport entre le nombre de brins (ou câbles) auxquels une charge est suspendue et le nombre de brins enroulés sur le tambour du mécanisme de levage.

Formule de multiplicité :

$$m = \frac{n_{ch}}{n_t} \quad (3.1)$$

n_{ch} : nombre de brins auxquels une charge est suspendue.

n_t : nombre de brins enroulés sur la jante du tambour.

$n_{ch}=4$

$n_t=2$

Alors : $m=2$

III.2.2 Rendement de palan :

Le rendement de palan est donné par l'expression suivante :

$$\eta p = \frac{1 - \eta^{n_{ch}}}{1 - \eta} \cdot \frac{\eta^t}{n_{ch}} \quad (3.2)$$

t : nombre de poulies de guidage = 1.

η : rendement du palan=0.98.

AN :

$$\eta p = 0.95 \quad (3.3)$$

III.2.3 Calcul de tension de câble :

Etant donné l'importance de la charge à soulever et à fin d'éviter des chocs au démarrage, on est obligé de choisir un moteur spécifique à une accélération progressive. Et cela afin de réduire les forces d'inerties.

Pratiquement, à cause des frottements des poulies sur leurs axes et la raideur du câble, cet effort est supérieur à la valeur théorique, le rapport entre l'effort théorique et l'effort réel est bien le rendement du palan.

Par conséquent, la tension maximale au niveau du câble est définie par :

$$T = \frac{Qu + Gm}{2.m.\eta p} \quad (3.4)$$

Ou :

T : tension du câble.

Qu : charge à soulever.

Le poids du câble et du mouflage qu'on estime à 600 KG.

Gm : poids propre de moufle (pour les charges Qu allant de 5 à 400 KN Gm= 0.75KN).

m: multiplicité de palan.

ηp : rendement du palan.

AN :

$$T = 2756.35 \text{ daN}$$

III.2.4 Diamètre de câble :

La durée de vie d'un câble dépend de facteurs inhérents d'une part à la construction du câble (facteur interne).

Les principaux facteurs externes sont :

- L'effort de traction
- Les diamètres des poulies
- Le type et le nombre de cycles du travail.

Le diamètre du câble est défini comme suit :

$$d = Q \sqrt{T} \tag{3.5}$$

Selon FEM : $Q=0.300$

AN :

$$Dc = 300\sqrt{T} \tag{3.6}$$

$$Dc = 15.75 \text{ mm}$$

III.2.5 Propriété du câble :

Les caractéristiques mécaniques et le diamètre du câble sont donnés dans le tableau suivant :

Diamètre (mm)	Rupture minimale (KgF)	Poids (Kg/100m)
3	720	3,30
4	1270	5,90
4,5	1500	8
4,8	1750	8,80
5	1880	9,20
5,25	2100	12,50
5,50	2380	12,80
6	2730	13,30
6,4	3120	16,50
7	3250	18,10
8	4240	23,60
9	5370	29,90
10	6630	36,30
12	10500	60
14	14260	79,30
16	18410	104

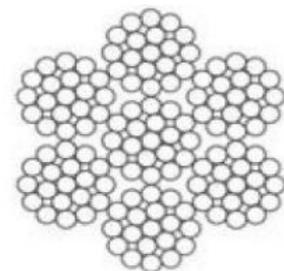


Tableau.6 : Diamètre des câbles normalisés.

On choisit le câble standard composé de 7 torons de 19 fils chacun.

Diamètre du câble pratique : 16 mm

Charge à la rupture : 18410 kgf

Poids de câble : 1.04 Kg/m

III.2.6 Dimensionnement de la poulie :

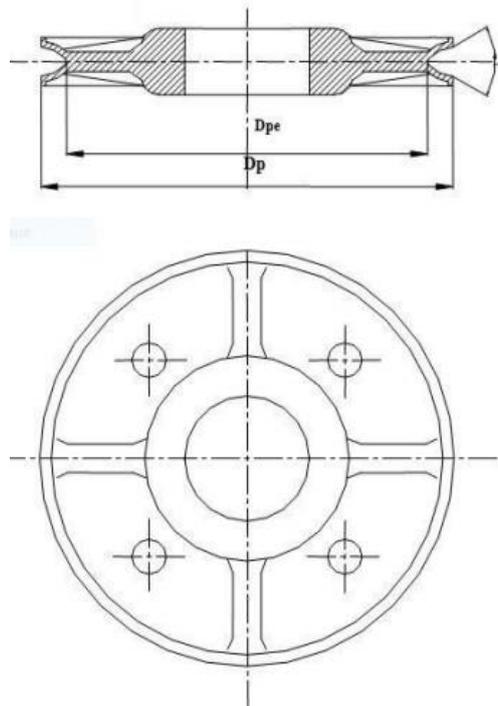


Figure III. 1 : Schématisation d'une poulie.

Le diamètre extérieur de la poulie :

$$D_p \geq H1.H2.d \tag{3.7}$$

$$D_{pe} \geq H1.D \tag{3.8}$$

H1 : coefficient dépendant du groupe de mécanisme H1 = 20.

H2 : coefficient dépendant du mouflage H2 = 1.12.

d : diamètre du câble d=16 mm.

$$D_p \geq 20 \times 1.12 \times 16.$$

$$D_p \geq 358.4.$$

$$D_p = 370 \text{ mm.}$$

$$D_{pe} \geq 20 \times 16.$$

$$D_{pe} \geq 320.$$

$$D_{pe} = 330 \text{ mm.}$$

Les valeurs de H_2 dans le tableau suivant :

W_T	≤ 5	6 à 9	≤ 10
H_2	1	1.12	1.25

Tableau.7 : Valeurs de H_2 .

III.2.6.1 Valeur du coefficient H_1 :

Les valeurs des coefficients H_1 dépendant du groupe dans lequel sont classées le mécanisme par le tableau suivant :

Groupe du mécanisme	Tambours	Poulies	Poulies d'équilibrage
1Bm	16	16	14
1Am	16	18	14
2m	18	20	14
3m	20	22.4	16
4m	22.4	25	16
5m	25	28	18

Tableau.8 : Valeurs de H_1 .

Les valeurs des diamètres normalisés (D_{NP}) des poulies sont donnés dans le tableau suivant :

Diamètres des poulies [mm]	$D \leq 160$	$160 < D \leq 180$	$180 < D \leq 213$	$213 < D \leq 266$	$266 < D \leq 350$	$350 < D \leq 465$	$400 < D \leq 650$
Diamètres des poulies normalisés [mm]	160	180	213	266	330	370	650

Tableau.9 : Diamètres des poulies normalisés.

III.2.7 Choix et calculs des tambours :

Les tambours destinés aux appareils de levage ayant une section tubulaire, ils sont généralement fabriqués en fonte ou en acier moulé et parfois en tôle d'acier soudé.

Pour les tambours lisses.

La longueur totale du tambour dépend du nombre des spires, donc de la hauteur d'élévation de la charge, et on ajoute deux à trois spires de sécurité pour éviter l'effort de traction direct sur l'attache du câble au tambour, alors que le diamètre du tambour appelé aussi diamètre effectif, dépend du diamètre d'enroulement ou diamètre primitif.

➤ Il existe deux types de tambour :

- Tambour lisse.
- Tambour rainuré.

On choisit un tambour rainuré pour les causes suivantes.

Réduction de la pression supportée par le fil d'acier sur le tambour.

Assurer un bon guidage du câble.

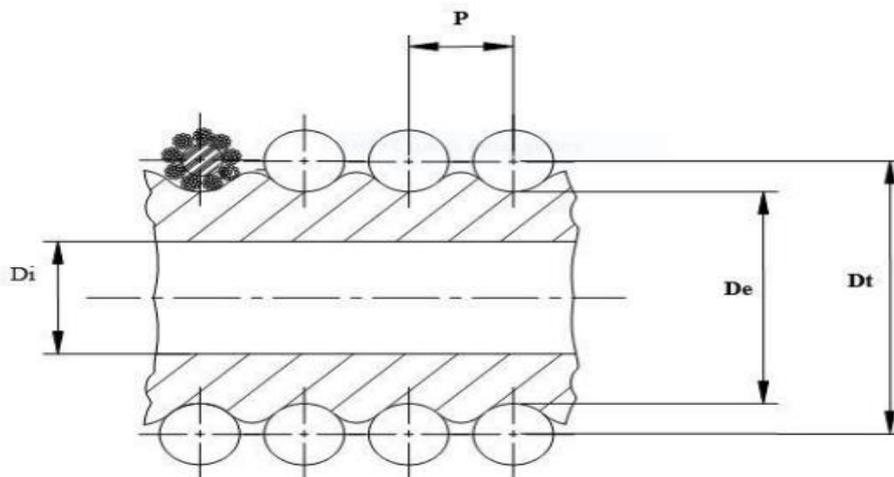


Figure III. 2: Profil du tambour.

- D_t : Diamètre d'enroulement.
- D_e : Diamètre effectif.
- P : le pas.
- h : épaisseur du tambour.

III.2.7.1 Dimensionnement du tambour :**III.2.7.1.1 Calcul du diamètre d'enroulement :**

Le diamètre d'enroulement est donné par la relation suivante :

$$D_t \geq H_1 \cdot H_2 \cdot d \quad (3.9)$$

- H_1 : Un coefficient dépendant du groupe du mécanisme dont les valeurs sont fixées avec $H_1 = 18$ en le trouve dans tab précédent group 2
- H_2 : Un coefficient dépendant du mouflage, avec $H_2 = 1$ en le trouve dans le tab précédent
- d : diamètre du câble

AN

$$Dt \geq 288$$

on prend : $Dt = 300mm$

III.2.7.1.2 Calcul du diamètre effectif :

Le diamètre effectif est donné par l'expression suivante.

$$D_e = D_t - d \quad (3.10)$$

Avec d : diamètre du câble

$$D_e = 284 \text{ mm}$$

III.2.7.1.3 Le pas :

$$P = d + \left(\frac{1}{2} \right) \quad (3.11)$$

$$P = 16.5mm$$

III.2.7.1.4 Epaisseur du tambour :

L'épaisseur du tambour peut être déterminée par la relation suivante :

$$h = 0.02Dt + 12 \quad (3.12)$$

$$h = 18 \text{ mm}$$

III.2.7.1.5 Le diamètre interne du tambour :

L'épaisseur du tambour peut être déterminée par la relation :

$$D_i = D_e - 2.h \quad (3.13)$$

Soit

$$D_i = 248 \text{ mm}$$

III.2.7.1.6 Calcul de la longueur du tambour :

Elle dépend du nombre de spire, donc de la hauteur d'élévation de la charge, pour un tour de tambour la levée de la charge est $(\pi D/2)$. ajouter au nombre de spires calculé deux spires pour éviter l'effort de traction direct sur l'attache de câble au tambour.

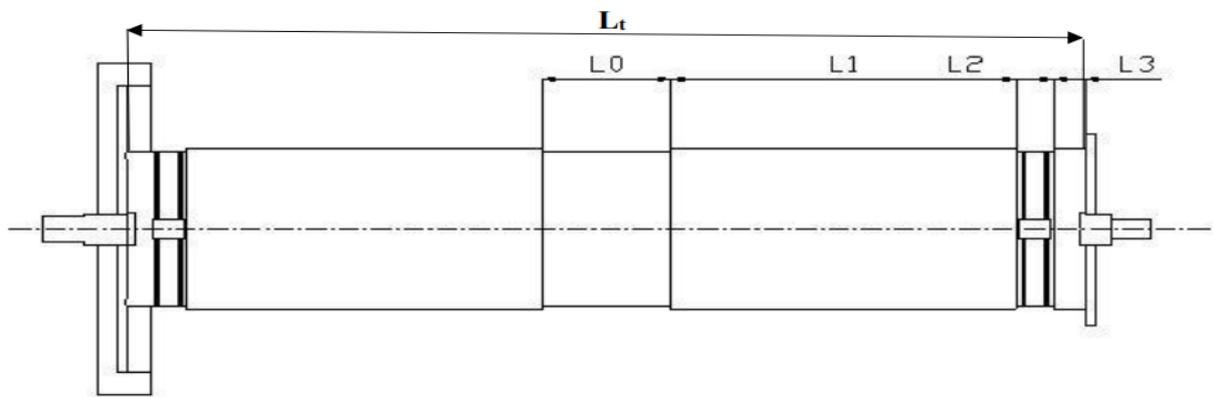


Figure III. 3: schéma du tambour.

La longueur du tambour dépend, de la hauteur de levage, du diamètre du câble et de la sécurité d'enroulement du câble.

-Pour les palans double on à :

$$L = L_0 + 2(L_1 + L_2 + L_3) \quad (3.14)$$

L_0 : Longueur lisse du milieu du tambour, on prend $L_0 = 100 \text{ mm}$

L_1 : Longueur effective d'enroulement.

L_2 : Longueur nécessaire pour la fixation du câble.

L_3 : Longueur libre.

III.2.7.1.7 Longueur effective d'enroulement :

$$L_1 = Z.P \quad (3.15)$$

Z : nombre des rainures qui s'exprime comme suit :

$$Z = \frac{I_p.H}{\pi.D_t} \quad (3.16)$$

I_p : multiplicité du tambour $I_p=2$.

H : hauteur de levage H=5.5m.

D_t : diamètre du tambour.

$$Z = 12 \text{ rainures}$$

$$L1 = 200 \text{ mm}$$

Longueur nécessaire pour la fixation du câble :

$$L_2 = (3 \text{ à } 4) \times P \quad (3.17)$$

$$L2 = 50 \text{ mm}$$

• Longueur libre :

$$L_3 = 2P \quad (3.18)$$

$$L3 = 33 \text{ mm}$$

Soit :

$$L_t = 666 \text{ mm}$$

III.2.3 Crochets :

En général, on utilise le crochet mais en réalité il existe de nombreux dispositifs d'accrochage correspondant à la grande diversité de marchandises à manutentionner. Il est important d'utiliser des dispositifs d'accrochage permettant d'exécuter le travail dans un minimum de temps, avec le minimum de main-d'œuvre et s'adaptant à la nature de la matière à transporter.

La norme française NF E52 121 fixe les spécifications fondamentales des dispositifs à crochets.

Pour les groupes 2m les crochets doivent être en acier allié, éventuellement traité, présentant bonne résistance. Pour des raisons de sécurité un crochet est muni d'un linguet.

La norme NF E52-033 définit des exigences de conception relatives avec linguets de crochet de levage ; et destinés à s'opposer au décrochement accidentel des charges.

Le dispositif de sécurité est livré complet, prêt au montage et il comprend :

- Le linguet.
- Le ressort de rappel.
- Une vis et un écrou spécial indésirable.

III.2.3.1 Choix de crochet :

D'après le tableau des caractéristiques des différents crochets, nous avons choisi un crochet de référence : 1A-27-10 (tableau ci-dessous).

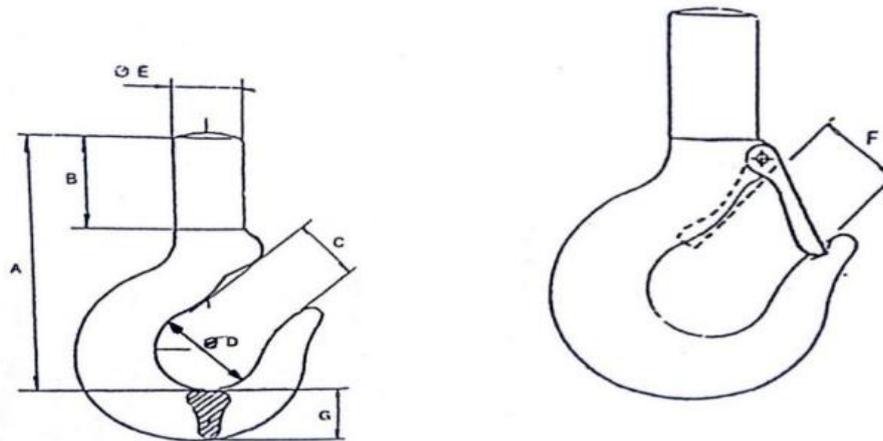


Figure III. 4: Caractéristique de crochet.

Réf	Corresp IOS	CUM - SWL (T)cls V	Dimension (mm)							Réf. Latch sécurité	Réf. Sécurité gravité	Réf. Sécurité fil	Poids (kg)
			A	B	C	D	E	F	G				
1A-14-0.5	14	0.5	90	30	21	28	18	19	18.5			S5 - 33	0.250
1A-17-1	17	1	105	35	25	33	21	23	23.6	S1 - 40	S1 - 40G	S5 - 40	0.450
1A-19-1.6	19	1.6	125	45	29	37	23	27	28	S1 - 47	S1 - 40G	S5 - 48	0.710
1A-20-2	20	2	135	50	30	40	25	28	30.7	S1 - 47	S1 - 47G	S5 - 48	0.870
1A-22-3.2	22	3.2	150	55	34	45	48	32	36.5	S2 - 54	S2 - 54G	S5 - 52	1.340
1A-23-4	23	4	175	70	35	47	30	33	40	S2 - 54	S2 - 54G	S5 - 52	1.780
1A-25-6.3	25	6.3	190	75	42	53	34	40	46	S3 - 64	S3 - 64G	S5 - 67	2.550
1A-26-8	26	8	210	80	46	60	37	44	50	S3 - 76	S3 - 76G	S5 - 67	3.250
1A-27-10	27	10	235	95	53	67	43	50	56	S3 - 76	S3 - 76G	S5 - 79	4.560
1A-28-12.5	28	12.5	250	90	59	75	47	57	63	S3 - 94	S3 - 94G	S5 - 100	6.530
1A-29-16	29	16	293	120	67	85	53	64	71	S3 - 94	S3 - 94G	S5 - 100	9.200
1A-30-20	30	20	340	140	71	95	60	69	80	S3 - 114	S3 - 114G	S5 - 125	13.500
1A-31-25	31	25	400	170	83	106	67	81	90	S3 - 127	S3 - 127G	S5 - 125	20.000

Tableau.10: Dimension de crochet.

III.2.3.2 Choix du moteur du levage :

III.2.3.2.1 Puissance de moteur :

La puissance de moteur requise pour soulever une charge peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

$$P_s = \frac{S_L \cdot V_L}{6120 \cdot \eta} \tag{3.19}$$

SL : charge de service : 2000 [Kgf].

VL : vitesse de levage en 8 m/ min.

η : Rendement global du mécanisme.

η= 0,85 d'après le constructeur

$$P = \frac{2000.8}{6120.0.85} \quad (3.20)$$

$$P = 3.07 \text{ KW}$$

Donc en choisissant un motoréducteur de levage avec frein à Eng. Cylindrique (UTC Germany) Suivant catalogue : Type : GST 09 2MVBR132C22).

III.3 Mécanisme de direction :

III.3.1 Dimensionnement de la poutre principale :

Le pont roulant doit être capable de supporter une charge maximale de 2 tonnes, conformément aux exigences du client. La portée de la poutre est de 8 mètres.

On prend une poutre en acier de construction IPE330. S235JR

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

Tableau 11: Les propriétés du matériau.

III.3.1.1 Caractéristiques moyennes des ponts roulants courants :

N : puissance du pont

B : poids du pont

K : poids du chariot.

R max : réaction verticale maximale statique (pont immobile)

R₁ max : réaction verticale maximale dynamique (pont en mouvement)

R₂ max : réaction horizontale longitudinale maximale (pont en freinage)

R₃ max : réaction horizontale transversale maximale

L : écartement des galets de translation

III.3.1.2 Caractéristiques géométrique de pont roulant :

Puissance (t)	N	p (m)	e (m)
2		8	1.6

Tableau.12: Caractéristiques géométrique de pont roulant

➤ **Charges et vitesses :**

Puissance (t)	Portée (m)	Vitesses (m/min)			Poids (t)			Charge sur un galet (t)	
		Levage	Direction	Translate.	Pont	Chariot	Total		
N	p				B	K	B+K	R_{max}	R_{min}
2	8	8	30	100	3.5	1	4.5	1.52	0.335

Tableau.13: Charges et vitesses.

➤ Coefficients :

C : coefficient d'adhérence d'un galet sur son rail

φ : Coefficient de majoration dynamique des réactions verticales

Groupe du pont	Chemin de Roulement φ_1	Support de chemin De roulement φ_2	C
Roulant			
Pont d'atelier à crochet «II»	1,15	1,05	0,20

Tableau.14: Coefficient d'adhérence.

III.3.1.3 Calcule de la poutre de roulement :

• Charges verticales et réactions des galets :

R_{max} : Charge maximale statique.

R_{min} : Charge minimale statique.

R_{1max} : Charge maximale dynamique.

R_{1min} : Charge minimale dynamique.

$$\begin{aligned} R_{1max} &= \varphi_1 \times R_{max} \\ R_{1min} &= \varphi_1 \times R_{min} \end{aligned} \tag{3.21}$$

$$\begin{aligned} R_{1max} &= 1.15 \times 1.52 \times 10^3 = 1748 \text{daN} \\ R_{1min} &= 1.15 \times 0.335 \times 10^3 = 385.25 \text{daN} \end{aligned} \tag{3.22}$$

$$R_{1max} = 1748 \text{ daN} \quad R_{1min} = 385.25 \text{ daN}$$

• Charge horizontale longitudinale et réactions des galets:

R_{2max} : Charge maximale.

R_{2min}: Charge minimale.

$$\begin{aligned} R_{2max} &= c \times R_{max} = 0.2 \times 1.52 \times 10^3 = 304 \text{daN} \\ R_{2min} &= c \times R_{min} = 0.2 \times 0.335 \times 10^3 = 67 \text{ daN} \end{aligned} \tag{3.23}$$

$$R_{2max} = 304 \text{ daN}$$

$$R_{1min} = 67 \text{ daN}$$

- **Charge horizontale transversale et réactions des galets :**

$R_{3\max}$: Charge maximale.

$R_{3\min}$: Charge minimale.

- **Chariot au milieu de la portée du pont :**

$$\begin{aligned}
 R_{3\max} &= \pm \left\{ 0,024 (K + N + B) \frac{L}{e} + 0,021 (N + K) \right\} \\
 R_{3\max} &= \pm \left\{ 0,024 (1 + 2 + 3.5) \frac{6}{1.6} + 0,021 (2 + 1) \right\} \\
 R_{3\max} &= \pm 0.648t = 648\text{daN}
 \end{aligned} \tag{3.24}$$

$$\begin{aligned}
 R_{3\min} &= \pm \left\{ 0,024 (K + N + B) \frac{L}{e} - 0,021 (N + K) \right\} \\
 R_{3\min} &= \pm \left\{ 0,024 (1 + 2 + 3.5) \frac{6}{1.6} - 0,021 (2 + 1) \right\} \\
 R_{3\min} &= \pm 0.522t = 522\text{daN}
 \end{aligned} \tag{3.25}$$

$$R_{3\max} = 648 \text{ daN} \quad R_{3\min} = 522\text{daN}$$

- **Chariot à distance minimale du chemin de roulement :**

$$\begin{aligned}
 \text{Max}R_3 &= \pm \left\{ 0.0052 (K + N + 5B) \frac{L}{e} + 0,021 (N + K) \right\} \\
 \text{Max}R_3 &= \pm \left\{ 0.0052 (1 + 2 + 5 \times 3.5) \frac{6}{1.6} + 0,021 (2 + 1) \right\} \\
 \text{Max}R_3 &= \pm 0.482t = 482\text{daN}
 \end{aligned} \tag{3.26}$$

$$\begin{aligned}
 R_{3\min} &= \pm \left\{ 0.0052 (K + N + 5B) \frac{L}{e} - 0,021 (N + K) \right\} \\
 R_{3\min} &= \pm \left\{ 0.0052 (1 + 2 + 5 \times 3.5) \frac{6}{1.6} - 0,021 (2 + 3.5) \right\} \\
 R_{3\min} &= \pm 0.284t = 284\text{daN} \\
 R_{3\max} &= 482\text{daN} \quad R_{3\min} = 284\text{daN}
 \end{aligned} \tag{3.27}$$

Réaction	R en (t)	R ₁ en (t)	R ₂ en (t)	R ₃ (chariot au milieu) en (t)
Max	1.52	1.748	0.304	0.648
Min	335	0.385	0.067	0.522

Tableau.15: regroupement des réactions des galets

III.3.1.4 Pré dimensionnement de la poutre de roulement :

La flèche admissible est obtenue quand les deux charges sont en position de symétrie par rapport au milieu de la poutre.

- Travée : La distance entre les deux appuis simples est de 6 mètres.
- Le moment maximal : Le moment fléchissant maximal est calculé à partir de la position la plus défavorable de la charge.
- L'empattement : La distance entre les galets est de 1.6 mètres.

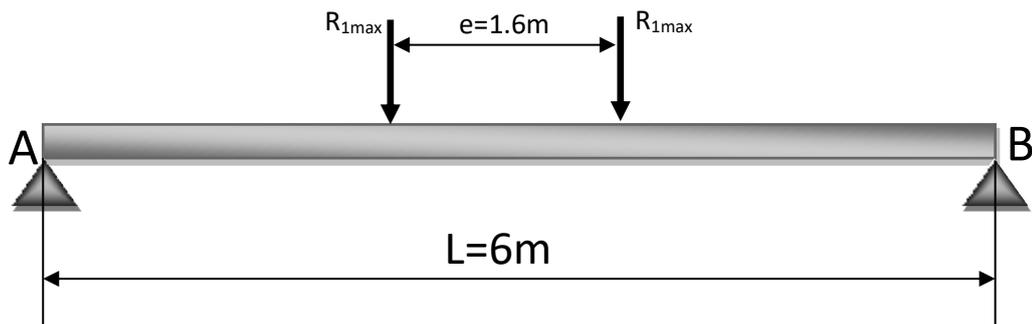


Figure III. 5 : Disposition des réactions des galets sur la PDR

Les recommandations du CTICM limitent la flèche à $L/750$ de

- **Condition de la flèche :**

La flèche admissible :

$$f_{adm} = \frac{l}{750} = 0.8cm \quad (3.28)$$

La flèche maximale : f_{max}

Avec :

$$f_{\max} \leq f_{adm} \tag{3.29}$$

$$f_{\max} = \frac{R_{\max} (l-e) [3l^2 - (l-e)^2]}{48EI_y} \leq \frac{l}{750} \tag{3.30}$$

$$I_y \geq 7202.2 \text{ cm}^4$$

On adopte le profilé **HEA240** dont les caractéristiques sont les suivantes :

HEA	I_y	I_z	W_{ply}	W_{plz}	t_f	A	P	h	B	t_w
240	cm^4	cm^4	cm^3	cm^3	mm	cm^2	Kg/m	mm	mm	mm
	7763.2	2768.9	675.1	230.7	12	60.3	88.3	230	240	7.5

Tableau.16: les caractéristiques de HEA240

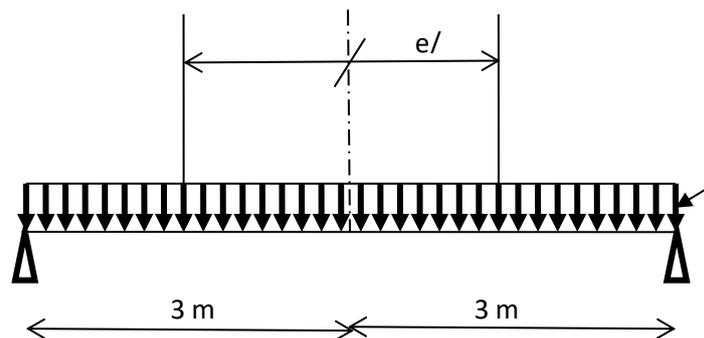


Figure III. 6 : Disposition des efforts sur la poutre de roulement.

III.3.2 Choix du rail :

Pour des puissances inférieures ou égales à 5 tonnes avec portée n'excédant pas 11 m, on emploie des barreaux (fer carré) soudés sur le chemin de roulement. On adopte des rails carrés en acier A50 de dimension (40mm×40mm).

h_r (mm)	P (Kg/m)	I_y (cm^4)	a (cm^2)	$W_{el.y}$ (Cm^3)	I_z (cm^4)	$W_{el.z}$ (cm^3)
40	13	42.67	16	10.646	21.333	7.542

Tableau.17: les caractéristiques de rail.

III.3.2.1 Les charges supportées par la PDR :

G_{pdr} : Poids propre de la PDR : HEA 240 $G_{pdr} = 60.3 \text{ daN/m}$

G_r : Poids du rail A50 $G_r = 13 \text{ daN/m}$

G_1 : Charges uniformément réparties: des raidisseurs, soudure, etc.....

$$G_1 = 10\% G_{pdr} \text{ du profil HEA240} = \frac{10\% \times 60.3 \text{ daN} / m}{100\%} = 6.03 \text{ daN} / m \quad (3.31)$$

$$\begin{aligned} G_p &= G_{pdr} + G_r + G_1 \\ G_p &= 60.3 + 13 + 6.03 \\ G_p &= 79.33 \text{ daN} / m \end{aligned} \quad (3.32)$$

III.3.3 Choix et calcul des galets de direction :**III.3.3.1 Choix des galets :**

Pour choisir un galet de roulement, on détermine son diamètre en considérant :

- la charge supportée par le galet
- la qualité du métal qui le constitue
- le type de rail sur lequel il roule
- la vitesse de rotation du galet
- le groupe dans lequel est classé le mécanisme

Il existe plusieurs types de galets destinés aux chariots :

- Galet moulé en acier allié au manganèse avec des surfaces superficielles trempées
- Galet a corps moulé enroulé d'un bandage en acier allié traité
- Galet en acier forgé ou matricé

III.3.3.1.1 Calcul du galet de direction :

Pour dimensionner un galet, il convient de vérifier :

- D'un part qu'il capable de supporter la charge maximale à laquelle il doit être soumis
- D'autre part qu'il est capable d'assurer, sans usure anormale le service courant de l'appareil.

- Diamètre du galet (selon FEM)

$$D_g \geq \frac{P_{moy}}{P_L \cdot b \cdot C_1 \cdot C_2} \quad (3.33)$$

- P_{moy} : charge moyenne par galet.de sollicitation.
- D_g : diamètre du galet.
- b : largeur utile du rail.
- C_1 : coefficient dépendant de la vitesse de rotation du galet. On prend la valeur maximale de C_1 , soit $c1_{max} = 1,17$, $C1_{max} = 1.17$ (selon FEM).
- C_2 : coefficient dépendant du groupe du mécanisme.
- P_L : pression limite dépendant du matériau constituant le galet en $[N / mm^2]$.

Pour les des galets D_g inférieures à 200 mm les valeurs de C_1 dépend de la vitesse de

Rotation du galet sont données dans le tableau suivant :

Vitesse du galet tr/mn	du en C_1	Vitesse du galet tr/mn	du en C_1	Vitesse du galet tr/mn	du en C_1
200	0.66	50	0.94	16	1.09
160	0.72	45	0.96	14	1.1
125	0.77	40	0.96	12.5	1.11
112	0.79	37.5	0.99	11.2	1.12
100	0.82	31.5	1	10	1.13
90	0.84	28	1.02	8	1.14
80	0.87	25	1.03	6.3	1.15
71	0.89	22.4	1.04	5.6	1.16
63	0.91	20	1.06	5	1.17
56	0.92	18	1.07		

Tableau.18: Valeurs de C_1 en fonction de vitesse de rotation du galet.

Groupe du mécanisme	C_2
M1 à M4	1.12
M5	1.00
M6	0.90
M7 – M8	0.80

Tableau.19: Valeurs de C_2 en fonction de vitesse de rotation du galet.

C_2 : Coefficient dépendant du groupe du mécanisme et donné par le tableau (selon FEM).

Pour groupe du mécanique M5 $\Rightarrow C_2 = 1.00$.

- **Détermination de la pression limite. P_L**

Les valeurs de la pression limite P_L , sont données dans le tableau suivant :

Charge de rupture du métal composant le galet en [Kgf / mm ²]	P_L [Kgf / mm ²]
$\sigma_R > 50$	0,550
$\sigma_R > 60$	0,56
$\sigma_R > 70$	0,65
$\sigma_R > 80$	0,72

Tableau.20 : Les valeurs de la pression limite P_L .

Matériaux de galet : acier de construction mécanique E335(A60)

$$P_L = 0.55 \text{Kgf/mm}^2$$

- **Détermination de la charge moyenne :**

La charge moyenne est donnée par la relation suivante :

$$P_{moyl,II} = \frac{2 \cdot F_{max} + F_{min}}{3} = 625daN \quad (3.34)$$

$$F_{max} = \frac{G_s + S_L}{4} = \frac{1000 + 3500}{4} \quad (3.35)$$

Avec :

$$F_{max}=1125$$

$$F_{min} = \frac{G_s}{4} \quad (3.36)$$

$$F_{min}=250$$

Ou :

- G_s : poids du chariot.
- S_L : charge de service

$$D_g \geq \frac{P_{moy}}{P_L \cdot b \cdot C_1 \cdot C_2} \geq 66mm \quad (3.37)$$

$$Dg_0=110mm$$

On arrondie la valeur calculée Dg à la valeur normalisée Dg_0 donnée dans le tableau

Des valeurs normalisées du diamètre du galet :

Les valeurs normalisées des diamètres des galets														
110	140	160	190	200	250	315	400	500	630	710	800	900	1000	1120

Tableau.21 : Valeur des diamètres normalisés des galets.

III.3.4 Choix de la puissance du moteur :

La puissance nécessaire du moteur est calculée comme suit :

$$P_n = \frac{M_n \cdot N}{974 \cdot \eta} \quad (3.38)$$

Où :

- N : vitesse de rotation nominale du moteur ($N= 1500$ tr /min)
- η : rendement global du mécanisme. ($\eta = 0,85$)

- M_n : Couple nécessaire à l'entretien du mouvement varie selon le type de cas de sollicitation

III.3.4.1 Détermination de couple maximal nécessaire :

$$M_n = \frac{F_r \cdot R_g}{r \cdot \eta} = 0.145 \text{ daN.m} \quad (3.39)$$

Avec :

R_g : Rayon de galet

r : Rapport de réduction total

$$r = \frac{N'}{N_g} = 5.67 \quad (3.40)$$

- N' : vitesse de rotation du moteur en charge.
- N_g : vitesse de rotation des galets.

$$N_g = \frac{V_d}{\pi \cdot D_g} = 227 \text{ tr / min} \quad (3.41)$$

V_d : vitesse de direction de galet(100m/min).

D_{gt} : diamètre de galet de direction.

F_r : L'effort résistant suivant l'axe du galet.

III.3.4.2 Détermination de l'effort résistant suivant l'axe de galet

$$F_r = \frac{S_F \cdot (f + \mu) \cdot C}{R_g} \quad (3.42)$$

Avec :

S_F : La somme des charges qui sollicite le mécanisme.

f : Coefficient d'écrasement de galet $f = 0.05$ cm (acier-acier).

μ : Coefficient de frottement arbre essieu, $\mu = 0.015$.

C : coefficient de frottement tangentiel (sécurité) $C = 1.6$.

Dans le Cas en prendre $F_R=10$ Kg.

$$S_F = G_s + Q_u \tag{3.43}$$

$$S_F = 2000 + 2000 = 4000 \text{ daN}$$

G_s : La charge de chariot.

Q_u : La charge de service.

Donc :

$$Pn = \frac{M_n \cdot N}{974 \cdot \eta} = 0.26 \text{ KW} \tag{3.44}$$

III.3.5 Choix de réducteur :

Le choix de réducteur se fait en prenant la valeur de réduction de réducteur supérieur à celle calculé :

III.3.5.1 Calcul de réduction de réducteur :

$$K = \frac{r}{I_c} \tag{3.45}$$

I_c : rapport de réduction de la chaîne.

r: rapport de réduction total.

$$I_c = \frac{Z_{roue}}{Z_{pignon}} = \frac{25}{19} \tag{3.46}$$

$$I_c = 1.3$$

Z_{roue} : nombre de dents de la roue.

Z_{pignon} : nombre de dents du pignon.

Le rapport de réduction de la chaîne I_c est déterminé à partir du tableau suivant :

Charge en tonne	Réduction		Forme de la chaîne
	Roue	Pignon	De transmission
≤ 5	Z = 25 dent	Z = 19 dent	Chaîne simple
5 à 8	Z = 25 dent	Z = 19 dent	Chaîne double

8 à 16	Z = 38 dent	Z = 19 dent	Chaîne simple
16 à 40	Z = 38 dent	Z = 19 dent	Chaîne double

Tableau .22 : Rapport de réduction de la chaîne en fonction de la charge à soulever.

III.4 Mécanisme de translation

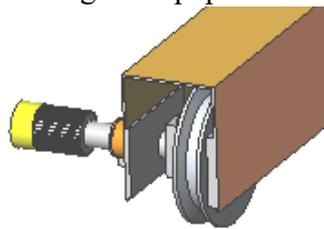
Le mécanisme de translation doit éviter au maximum le balancement de la charge et doit être positionné avec précision.

Le mécanisme est conçu afin qu'il ne se produit aucun coincement du pont et éviter la marche en crabe.

Ainsi on trouve un mécanisme de translation au niveau de chaque galet moteur, l'attaque du galet est directe, pour les organes moteurs et on utilisera essentiellement un arbre intermédiaire pour les raison d'encombrement uniquement.

Le mécanisme de translation on sert à effectuer des transports sur rail, l'ensemble de translation se compose essentiellement de :

- D'un galet équipé non entraîné.
- D'un motoréducteur.
- D'un galet équipé entraîné.



On trouve que le mécanisme de translation utilise pour plusieurs domaines de manutention notamment dans la construction mécanique.

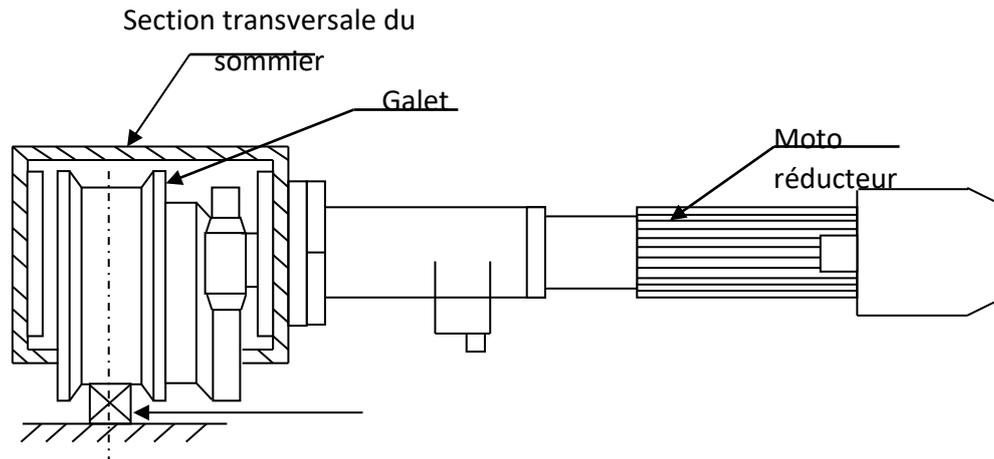


Figure III. 7: Mécanisme de translation.

III.4.1 Dimensionnement du galet de roulement :

Pour déterminer le diamètre de galet on utilise la relation suivant :

$$D_g \geq \frac{P_{moy}}{b \cdot p_L \cdot C_1 \cdot C_2} \quad (3.47)$$

Dans les quelles :

D_g : et diamètre du galet en [mm] ;

b : la largeur utile du rail en [mm] ;

p_L : une pression limite dépend des matériaux constituant le galet en [daN/mm^2] ;

C_1 : un coefficient dépend de la vitesse sa rotation du galet ;

C_2 : un coefficient dépend du groupe du mécanisme ;

P_{moy} : la charge moyenne que doit supporter le galet en [daN]

III.4.1.1 Calcul de la charge moyenne :

La charge moyenne dans le cas I et II de sollicitation est donné par :

$$p_{moy} = \frac{2R_{\max} + R_{\min}}{3} = 1460 \text{ daN} \quad (3.48)$$

Pour déterminer les charges moyennes, on considère les charges maximales et minimales supportées par le galet sans tenir compte du coefficient dynamique ψ .

III.4.1.2 Calcul des réactions R_{\max} et R_{\min} :

- La réaction minimale sur un galet A : $R_{\min A}$

Est obtenu lorsque on a le chariot à vide dans l'autre extrémité B avec A ; le galet porteur

c.à.d. le poids du mécanisme de translation n'est pas à considérer

$$R_{\min} = R_1 + R_2 + R_3 = 380 \text{ daN} \quad (3.49)$$

Avec : R_1 action due à la poutre maitresse.

$$(3.50)$$

$$R_1 = \frac{P_{Ppoutre}}{2} = 180 \text{ daN}$$

Avec : R_2 action due aux sommiers

$$R_2 = \frac{P_{Psomier}}{2} = 100 \text{ daN} \quad (3.51)$$

Avec : R_3 action due au chariot vide.

$$R_3 = R_A \quad R_3 = R_A = \frac{e \times Q_{ch}}{p} = 100 \text{ daN} \quad (3.52)$$

Avec : e : empattement du chariot.

$$e = \frac{1}{5} p \quad (3.53)$$

p : la portée du pont.

$P_{P \text{ sommier}}$: poids propre de sommier

$P_{Ppoutre}$: poids propre de poutre maitresse

Q_{ch} : La charge du chariot varie en fonction de la charge utile selon le tableau suivant.

charge utile Q_u [daN]	charge du chariot Q_{ch} [daN]
1000 à 5000	2000
5000 à 10000	4000
10000 à 15000	5000
15000 à 20000	6000
20000 à 25000	7000
25000 à 30000	8000
30000 à 35000	9000
35000 à 40000	10000

Tableau .23 : le poids du chariot en fonction de la charge utile.

- **La réaction maximale au galet A R_{max} :**

Est obtenue lorsque le galet moteur (charge concentrée et le chariot charge est à l'extrémité A).

$$R_{max} = R'_1 + R'_2 + R'_3 = 2000 \text{ daN}$$

R'_1 : action due à la poutre maitresse et sommiers

R'_2 : action dû au mécanisme de translation.

$$R'_2 = \frac{0.02 \times Q_u}{2} = 20 \text{ daN} \quad (3.54)$$

R'_3 : action dû au chariot chargé.

$$R'_3 = \frac{\frac{Q_{ch} + Q_u}{4} (2p - 0.2p)}{p} = 0.45(Q_{ch} + Q_u) = 1800 \text{ daN} \quad (3.55)$$

Q_u : charge utile

L : la portée du pont.

Q_{ch} : La charge du chariot varie en fonction de la charge utile selon le tableau

$$P_L = 0.5 \text{ kgf/mm}^2$$

$$D_g \geq \frac{P_{moy}}{b \cdot p_L \cdot C_1 \cdot C_2} \geq 76 \text{ mm} \quad (3.56)$$

On arrondie la valeur calculée D_g à la valeur normalisée $D_{g0=140\text{mm}}$

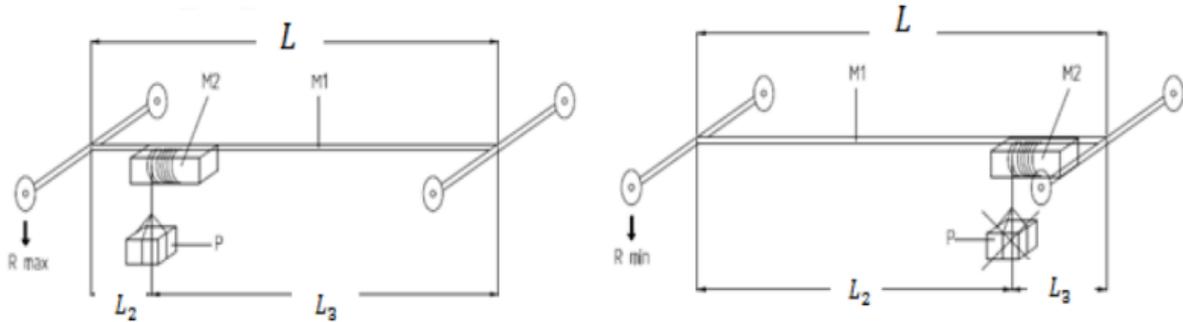


Figure III. 8: Charge maximale et minimale R_{max} et R_{min} .

III.4.2 Dimensionnement des sommiers :

Le sommier c'est la poutre qui réunit la poutre principale, à chaque extrémité du pont, les galets de roulements y sont fixés, la charge qu'elle supporte est maximale lorsque le chariot est dans sa position extrême droite ou gauche sur le pont

Les dimensions du sommier dépendent de la charge à soulever, de l'empattement et de la portée du pont

III.4.2.1 L'empattement :

$$[E = (1/6 \text{ à } 1/4) p] \quad E = 1600 \text{ mm}$$

$$\text{Pour } p \leq 10\text{m} \quad E = (1/4 \text{ à } 1/6) p.$$

$$\text{Pour } p \geq 10\text{m} \quad E = (1/5 \text{ à } 1/6) p$$

On prend

$$E = 1/5 p = 1600 \text{ mm}$$

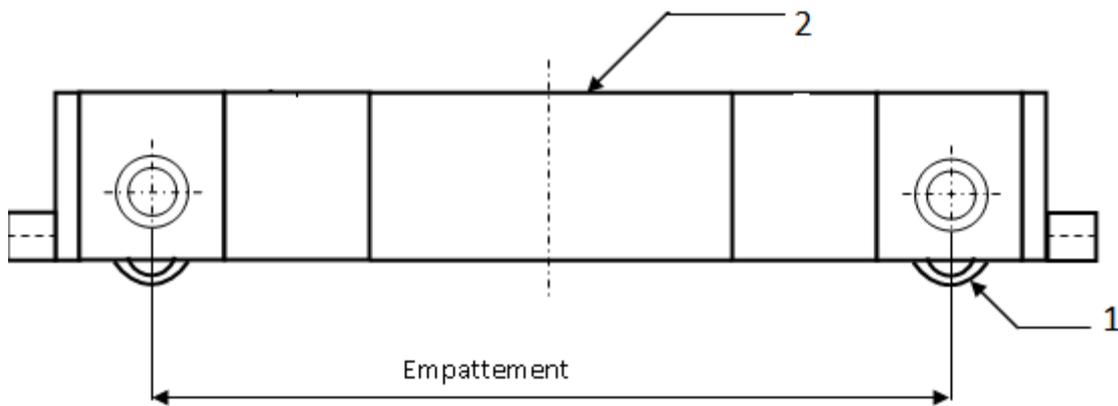


Figure III. 9: Présentation de sommier

1 : Galet de translation.

2 : poutre en caisson

III.4.2.2 Dimensions de la section transversale :

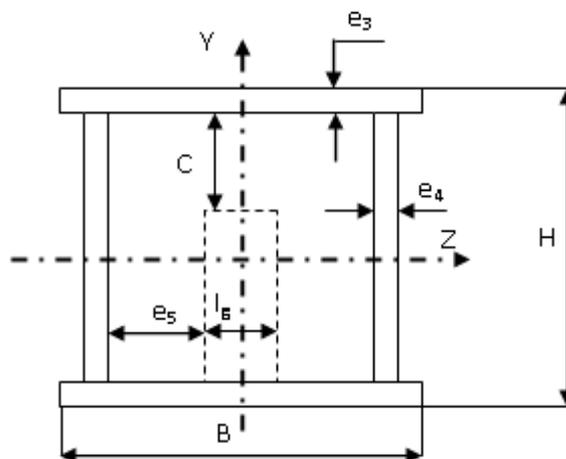


Figure III.10: Section transversale de sommier.

Pratiquement les dimensions de la section transversale sont données comme suit :

$$H = Dg - 20 + C = 280 \text{ mm} \quad (3.57)$$

$$B = 2(e_4 + e_5) + I_g + 50 = 153 \text{ mm} \quad (3.58)$$

Où e_1 : épaisseur d'âme de poutre principale ($e_1=10\text{mm}$)

e_3 : épaisseur des semelles de sommier ($e_3=e_1$).

e_4 : épaisseur des âmes de sommier ($e_4 = e_1-2$).

e_5 : jeu entre galet et sommier ($e_1=10\text{mm}$).

I_g : largeur du galet. ($I_g=63\text{mm}$)

D_g : diamètre du galet ($D_g=140\text{mm}$).

III.4.2.3 Choix de la puissance du moteur de translation :

N : vitesse de rotation du moteur en ($N = 1400 \text{ tr/min}$).

η : rendement globale du mécanisme en ($\eta = 0,85$).

M_n : couple nécessaire à l'entretien du mouvement en (daN. m).

P_{n1} : puissance nécessaire en (KW).

$$M_n = \frac{F_R \times R_g}{r \times \eta} = 0.145 \text{ daN.m} \quad (3.59)$$

Avec :

R_g : rayon du galet de translation en (m).

F_R : l'effort résistant suivant l'axe du galet défini.

r : rapport de réduction total.

$$r = \frac{N'}{N_{gt}} = 5.67 \quad (3.60)$$

N' : vitesse de rotation de moteur à charge (1280 tr / min).

N_{gt} : vitesse de rotation de galet de translation.

$$N_{gt} = \frac{V_t \cdot 1000}{\pi \times D_{gt}} = 227 \text{ tr / min} \quad (3.61)$$

V_t : vitesse de translation(100m/min).

D_{gt} : diamètre de galet de translation.

- L'effort résistant :

$$F_R = \frac{\frac{S_f}{2}(f + u)}{R_g} \times C \quad (3.62)$$

$S_f=Q$: (charge de chariot + charge de service+charge de sommier +charge d'un poutre).

f : coefficient d'écrasement du galet $f=0.05$ (acier-acier).

u : coefficient de frottement arbre-essieu $u = 0.015$ (acier-acier).

C : coefficient de frottement tangentiel (sécurité) $C = 1.6$

Dans notre Cas en prendre $F_R=10$ Kg.

$$P_{n1} = \frac{M_n \times N}{974 \times \eta} = 0.2KW \quad (3.63)$$

III.4.3 Choix de réducteur :

- Couple

$$C = \frac{P_{n1} \times 30}{\pi \times N_2} \quad (3.64)$$

N_2 : vitesse sortie réducteur

$$N_2 = 246.9t_r / \text{min} \quad (3.65)$$

AN

$$C = 7.73 \text{ N.m}$$

On choisit un motoréducteur

$p = 0.37$ kw

$r = 5.5$

$C = 13.3$ N.m

$N_2 = 251$ tr/min

III.5 Liaison poutre principale sommiers :

Pour assurer la liaison entre la poutre principale et les sommiers, nous avons déterminé les dimensions des emplacements des boulons comme suit, conformément à l'image :

- D1=160mm
- D2= 35mm

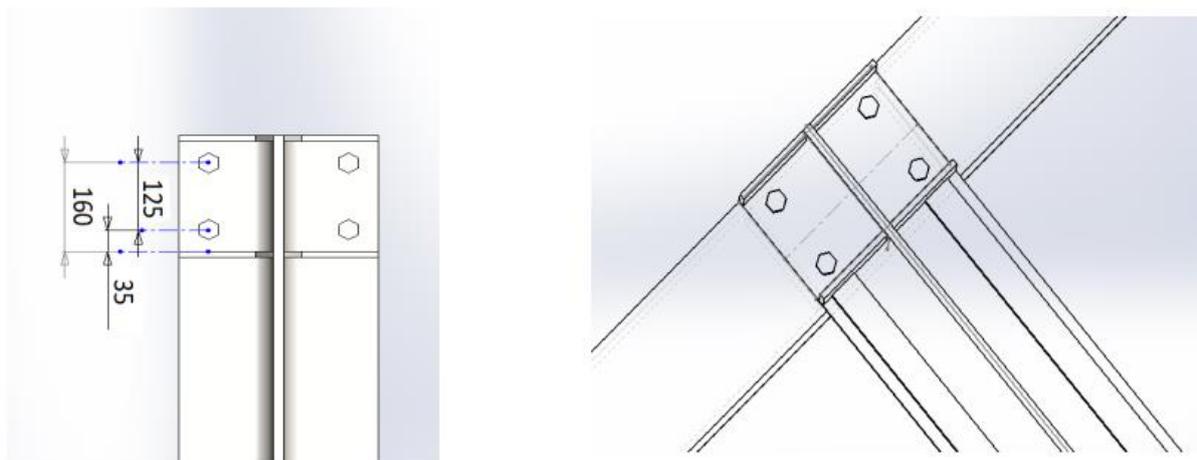


Figure III.11: Assemblage poutre sommier.

Le mécanisme de translation permet au pont roulant de se déplacer le long de ses rails.

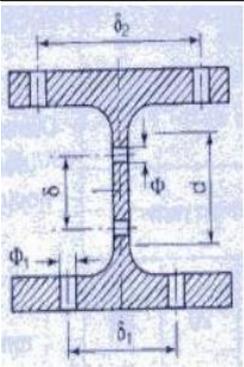
	Ame					Allés			
	Partie droite de L'âme d mm	δ en mm en fonction de Φ					Diamètre des boulons ϕ mm	$\delta 1$ Mm	$\delta 2$ mm
		Diamètre des boulons Φ en mm							
	16	18	20	22	24				
IPE330	220				195	16	95	110	

Tableau .24 : formes, dimension, caractéristique

III.6 Choix des roulements :

Pour ce projet, le choix des roulements est crucial. Dans le cas où une charge importante est appliquée à l'extrémité d'un sommier, celui-ci doit être capable de résister à cette charge élevée, comme indiqué dans la figure ci-dessous.

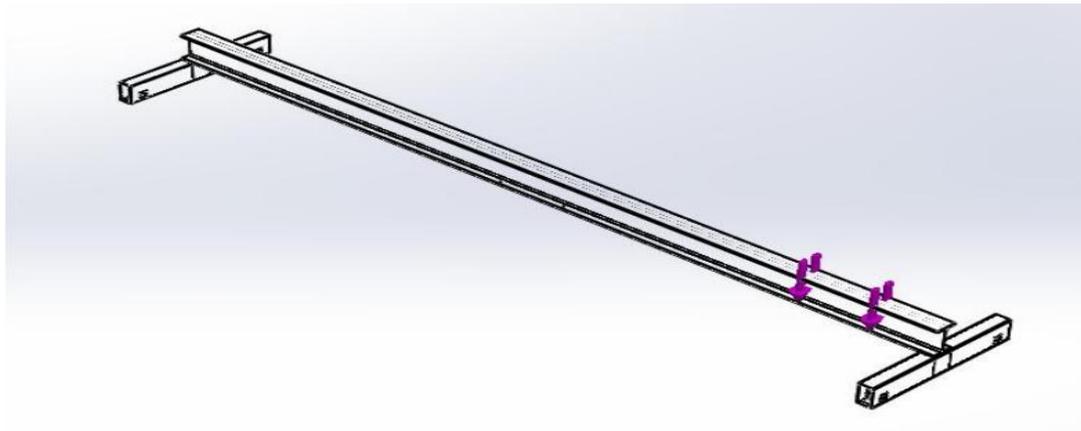


Figure III.12: La charge à extrémité en pont roulant.

Chaque sommier est équipé de quatre roulements. Ainsi, pour déterminer la charge supportée par chaque roulement, nous divisons le poids total par quatre.

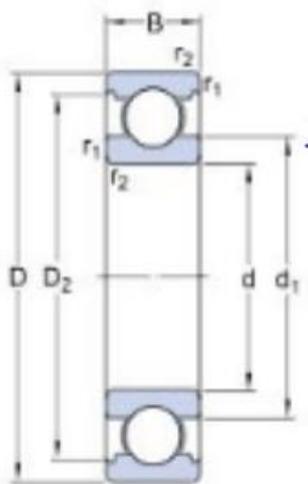
$$\frac{\text{Charge totale} \cdot g}{4} = \frac{6.5 \cdot 9,81}{4} \quad (3.66)$$

Charge statique de base ≥ 15.94 KN

Le roulement sélectionné présente les caractéristiques suivantes :

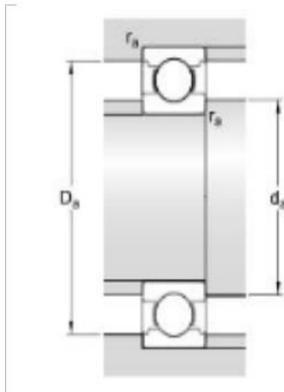
- **Fabricant** : SKF
- **Référence** : 6308/VA201
- **Charge statique de base** : 27.5 KN
- **Vitesse limite** : 130 tr/min

➤ Masse du roulement : 0.63 kg



	Dimension
d	40
D	90
B	23
d1	56,11
D2	77,7
r1,2	1,5

Tableau.25 : Dimension de roulement.



	Dimension d'appui (mm)
da	49
Da	81
ra	1,5

Tableau.26: Dimension d'appui de roulement.

III.7 Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'effectuer les calculs nécessaires pour amorcer et finaliser le pré dimensionnement des éléments d'ossature du pont et surtout de nos poutres maîtresses.

Calculs effectués nous a permis de calculer les sollicitations subissent par l'ossature du pont et finalement arriver à avoir un choix du matériau à employer. Le pré-dimensionnement et choix du matériau nous donne accès au chapitre suivant en utilisant ces données pour effectuer une simulation

CHAPITRE IV : simulation numérique.

IV.1 Introduction :

Après avoir dimensionné l'ensemble des pièces du pont roulant, les dimensions obtenues proviennent de calculs de Résistance des Matériaux (RDM). Pour garantir le comportement optimal de ces éléments avant leur fabrication, il est essentiel de confirmer les résultats par une simulation numérique. Dans ce chapitre, nous allons nous concentrer sur la conception et l'analyse par simulation l'élément clé d'un pont roulant, en mettant particulièrement l'accent sur la poutre principale. Pour réaliser cette tâche, nous utiliserons SolidWorks, un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO).

SolidWorks est un outil de modélisation volumique qui permet de créer des objets en trois dimensions et de les visualiser de manière réaliste. Ce logiciel est largement adopté par les professionnels de l'industrie en raison de sa capacité à produire des modèles détaillés et précis, facilitant ainsi la conception et l'optimisation des composants industriels.

IV.2 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.

IV.2.1 Définition de la simulation :

La méthode de mesure et d'étude consiste à remplacer un système complexe par un modèle simplifié ayant un comportement analogue. Ce système ou phénomène peut être représenté sous forme de modèle mécanique, électronique ou logico-mathématique. Dans notre cas, nous nous concentrerons uniquement sur la représentation du système sous la forme d'un modèle mécanique.

Un modèle de simulation peut avoir deux objectifs principaux :

1. **Descriptif** : Étudier le comportement d'un système sous différentes hypothèses en évaluant son environnement.
2. **Normatif (décisionnel)** : Simuler plusieurs scénarios décisionnels pour choisir la meilleure ou la moins mauvaise option.

Ainsi, la simulation permet d'analyser et de prévoir le fonctionnement d'un système, facilitant la prise de décision et l'optimisation des performances.

IV.2.2 SolidWorks simulation :

SolidWorks Simulation est un outil d'analyse de conception basé sur une technique numérique appelée analyse par éléments finis (FEA). Ce module permet d'analyser le comportement structurel statique et dynamique des modèles de pièces et d'assemblages créés avec SolidWorks.

L'utilisation de SolidWorks Simulation vise à optimiser la conception en fournissant des connaissances et des concepts essentiels pour une utilisation efficace du logiciel. L'analyse repose sur la méthode des éléments finis, une technique numérique qui résout les problèmes physiques décrits par des équations différentielles partielles.

En génie mécanique, l'analyse par éléments finis est largement utilisée pour résoudre des problèmes liés à la structure, à la fréquence et à la température. Le processus de discrétisation, ou maillage, divise la géométrie en petites entités composées de formes simples appelées éléments finis. Ces éléments ne sont pas infiniment petits, mais suffisamment petits par rapport à la taille globale du modèle pour assurer une analyse précise

IV.2.3 Fonctionnalités de SolidWorks Simulation :

Avec le logiciel SolidWorks Simulation, il est possible de bénéficier des fonctionnalités suivantes :

- **Intégration totale.**
- **Compatibility.**
- **Prévision des performances.**
- **Estimation de la durée de vie.**
- **Analyse des matériaux complexes.**
- **Études de topologie.**
- **Analyse thermique.**
- **Analyse de fréquence.**
- **Analyse dynamique.**
- **Optimisation de la conception.**
- **Simulation des composites.**

- **Analyse du mouvement.**
- **Analyse de flambage.**
- **Contrainte linéarisée.**
- **Exportation des résultats.**

Ces fonctionnalités robustes permettent aux ingénieurs de simuler et d'optimiser les conceptions de manière efficace, réduisant ainsi les coûts et le temps associés aux prototypes physiques tout en améliorant la qualité et la fiabilité des produits.

IV.3 Processus d'analyse :

Le processus d'analyse des modèles comprend toujours les mêmes étapes de base, quel que soit le type d'analyse ou le modèle [15].

IV.3.1 Les étapes de l'analyse d'un modèle sont :

Créer une configuration analyse.

- Désactiver tous les composants qui n'interviennent pas dans la résistance de l'ensemble.
- Vérifier qu'il n'existe aucune interférence dans le modèle.
- S'il y a des interférences, il faut les annuler.
- Vérifier tous les contacts, utiliser l'outil détection d'interférence avec l'option « traiter les coïncidences comme des interférences ».
- Créer matériaux
- Tous les corps doivent être comme des volumes ;
- Contacts entre composants (contact global « solidaire ») ;
- Appliquer les chargements
- Introduction des conditions aux limites
- Appliquer le maillage (maillage mixte)
- Simulation.

Dans nos simulations, nous avons utilisé deux stratégies de modélisation. Dans la première stratégie, nous avons modélisé l'ensemble poutre sommiers et dans la seconde, des modélisations séparées.

IV.4 Conception des éléments principaux du pont :

IV.4.1 Poutre principale :

D'après les calculs du chapitre précédent, le profilé adopté est IPE330. La longueur de la poutre principale est de 8m et les dimensions et caractéristiques de la section sont données par la figure et le tableau ci-dessous :

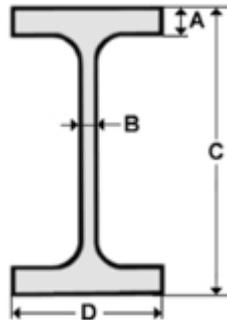


Figure IV.1: Dimensions du profilé IPE330.

	Dimensions				Masse par mètre	Aire de la section
	a	b	c	d		
IPE330	mm	mm	mm	mm	Kg /m	Cm ²
	11.5	7.5	330	160	47.8	62.6

Tableau.27: Les caractéristiques de poutre (d'après Eurocode 3).

La poutre principale finale est renforcée par des raidisseurs à ses deux extrémités comme l'indique la figure.

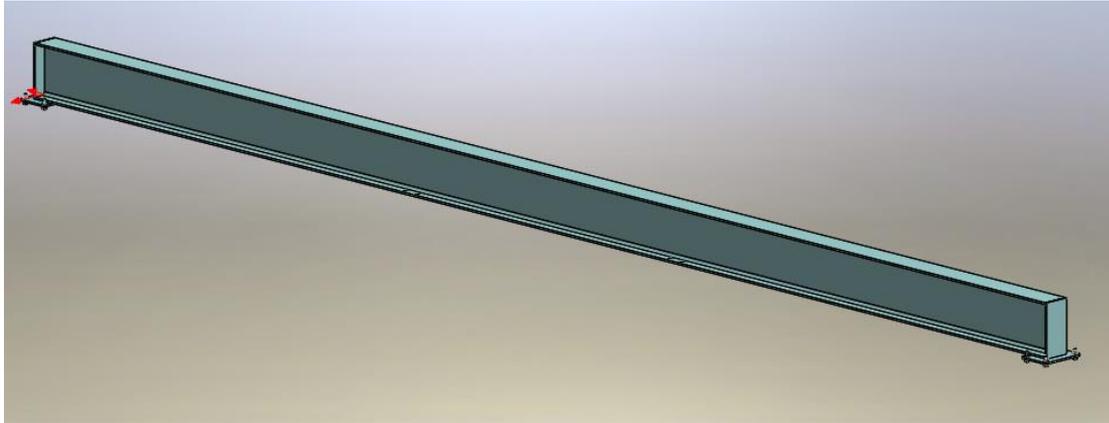


Figure IV.2: Vue isométrique de la poutre principale finale

IV.4.2 Sommiers :

Les deux sommiers qui soutiennent la poutre principale ont été fabriqués sous forme d'une pièce mécano-soudée constituée de deux tôles pliées et assemblées par soudure.

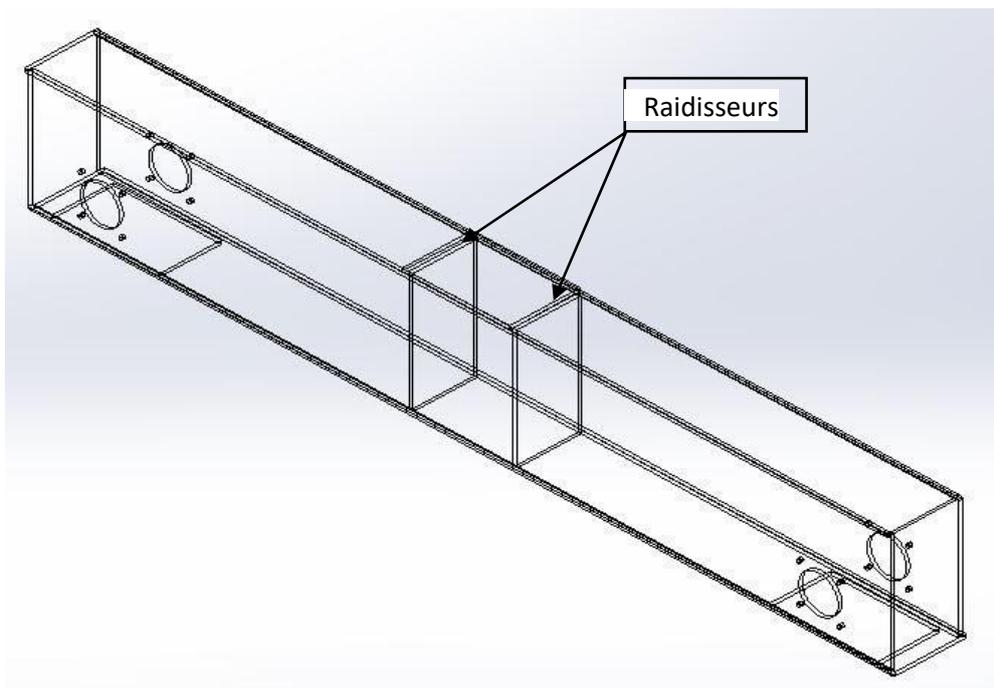


Figure IV.3: Vue isométrique (filaire) du sommier.

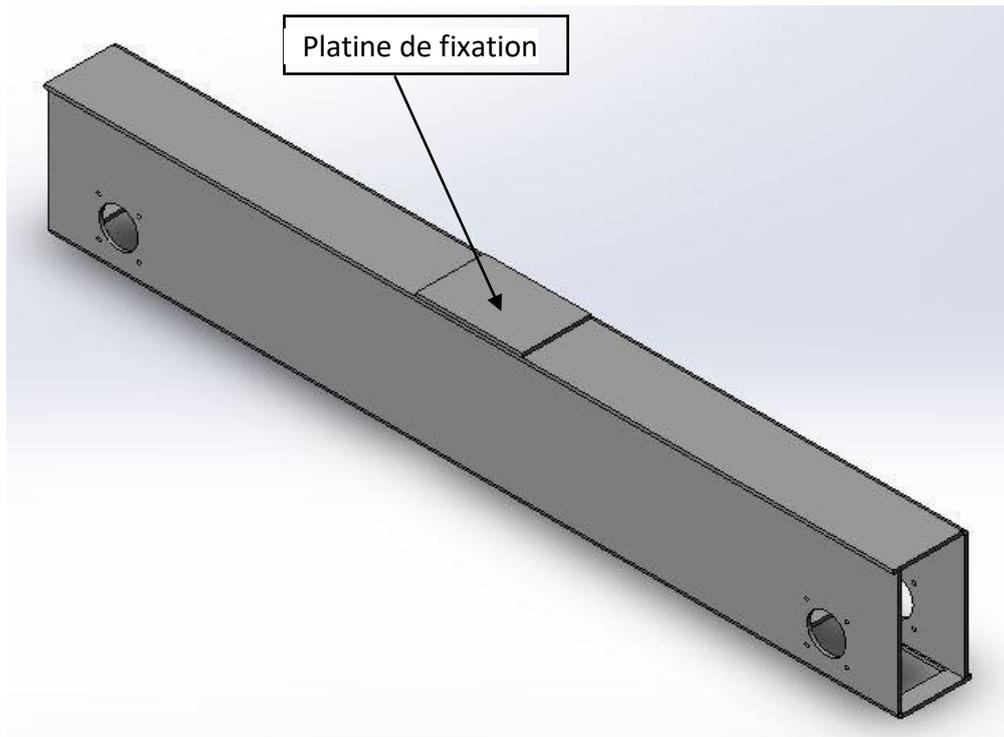


Figure IV.4: Vue isométrique du sommier

IV.4.3 Galets :

Les dimensions des galets, telles que le diamètre et la largeur, ont été déterminées à partir des calculs effectués dans le chapitre précédent. Ces galets assurent le mouvement en translation du pont roulant et supportent toutes les charges associées à son fonctionnement.

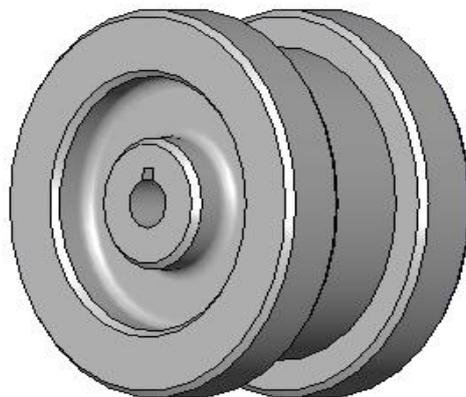


Figure IV.5 : Vue isométrique du galet.

IV.5 Assemblage pont roulant :

IV.5.1 Assemblage poutre principale sommiers :

L'assemblage de la poutre principale aux sommiers est réalisé à l'aide de boulons fixés entre la semelle inférieure de la poutre et la surface supérieure des sommiers.

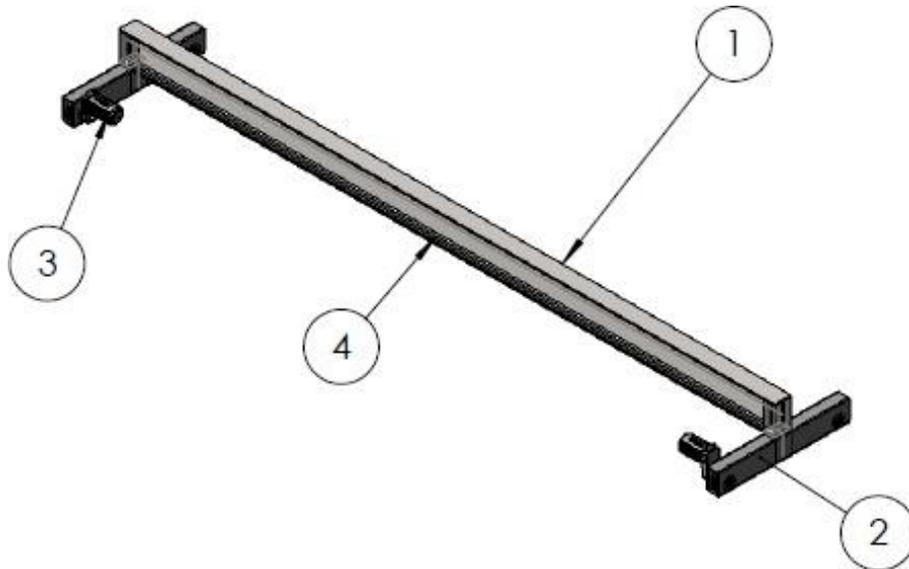


Figure IV.6 : Vue isométrique du pont roulant.

Non	Nom	Quantité
1	Poutre	1
2	Sommier	2
3	Moteur réducteur	1
4	Rail du chariot	2

Tableau.28 :Ensemble poutre principale sommier et accessoires

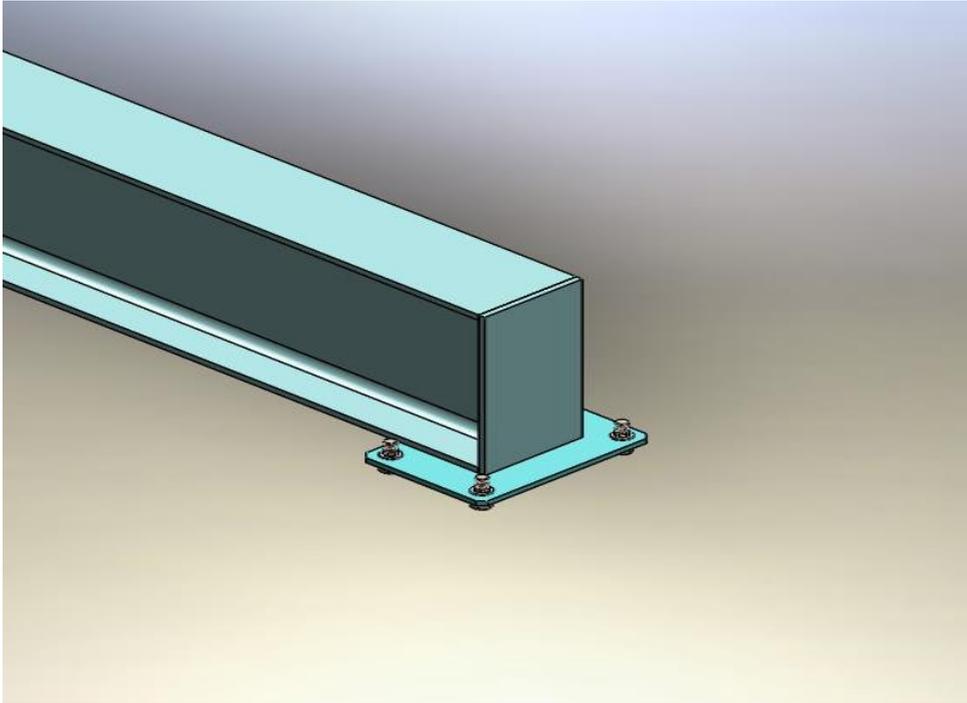


Figure IV.7 : Assemblage sommier poutre.

IV.6 Résultats et discussion de la simulation :

La conception des pièces du mécanisme du pont roulant a été finalisée, avec l'introduction des caractéristiques techniques nécessaires à la simulation et la mise en place du maillage des modèles. La dernière étape consiste désormais à exécuter la simulation et à analyser les résultats obtenus.

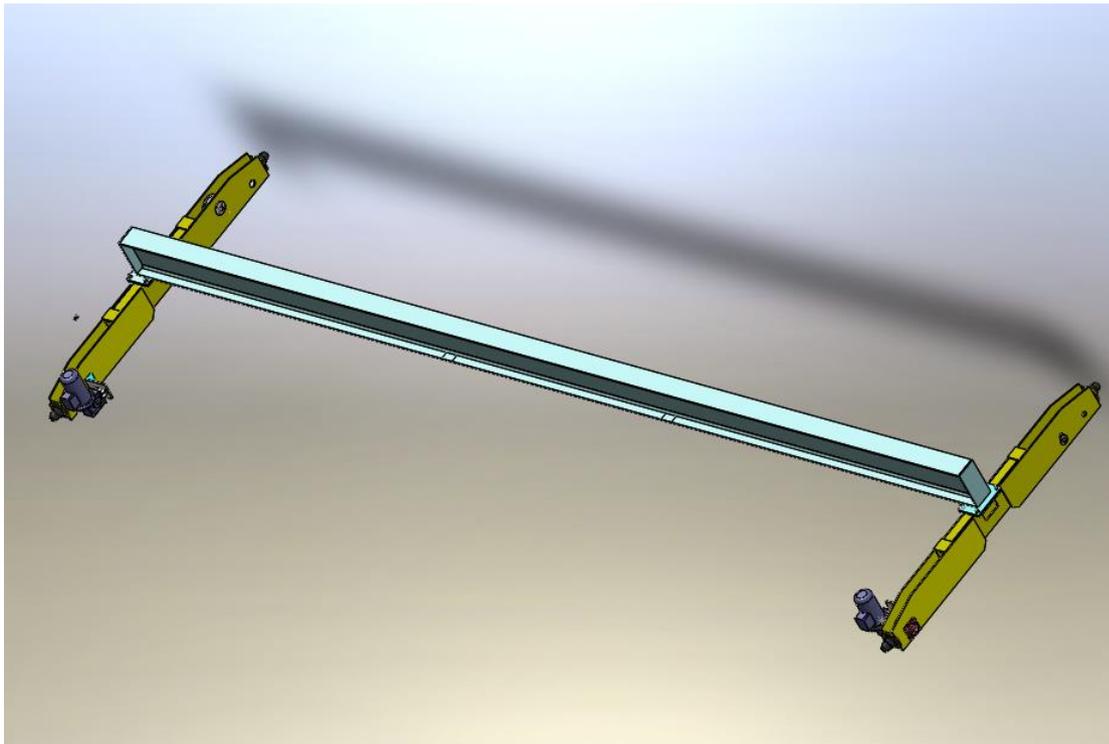


Figure IV.8: Assemblage des pièces du réducteur final sur SolidWorks.

IV.6.1 Analyse et simulation de la poutre principale :

Dans cette sous-section, nous nous concentrons sur l'étude de la poutre principale. L'objectif de cette analyse est de vérifier la déformation de la poutre dans des conditions spécifiques.

IV.6.1.1 Modélisation poutre :

La poutre principale de longueur 8m supporte son poids propre est la charge d'exploitation. La position défavorable du chargement est lorsque que le chariot est au milieu de la poutre comme le montre la **Figure IV.9**.

IV.6.1.2 Charge et condition au limite :

La **Figure IV.9** montre une représentation graphique de la poutre principale, dessinée par SolidWorks®, sous l'effet de force appliquée et des conditions aux limites.

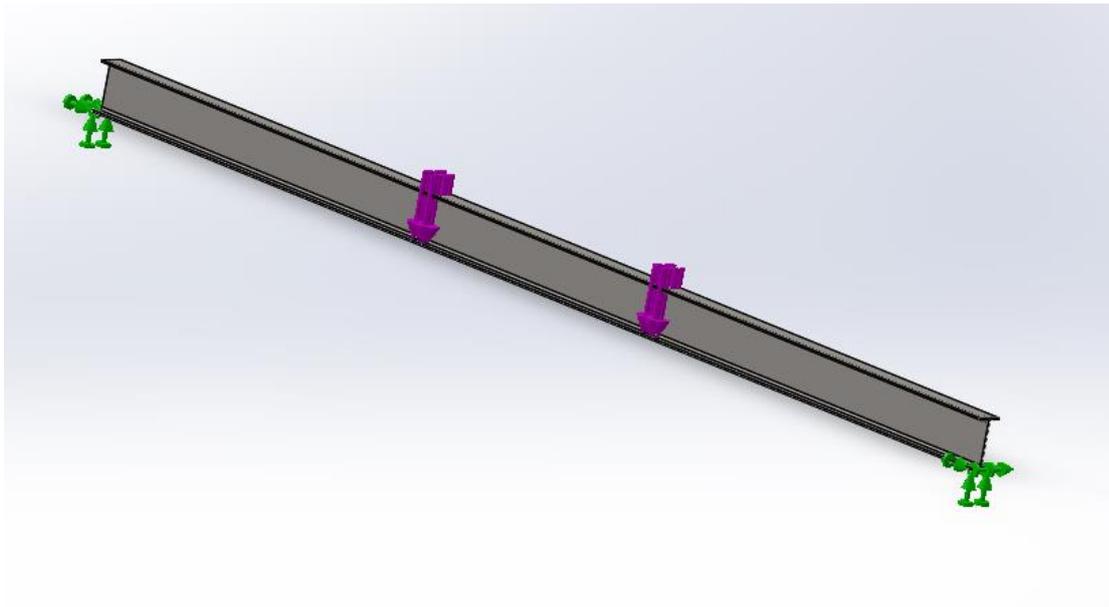


Figure IV.9: poutre principale sous force appliquée et conditions aux limites.

IV.6.1.3 Maillage de modèle

Après avoir défini les conditions aux limites et appliqué les forces sur la poutre, l'étape suivante de la simulation consiste à créer le maillage du modèle. La figure ci-dessous illustre la poutre avec un maillage de densité moyenne, constitué d'éléments tétraédriques.

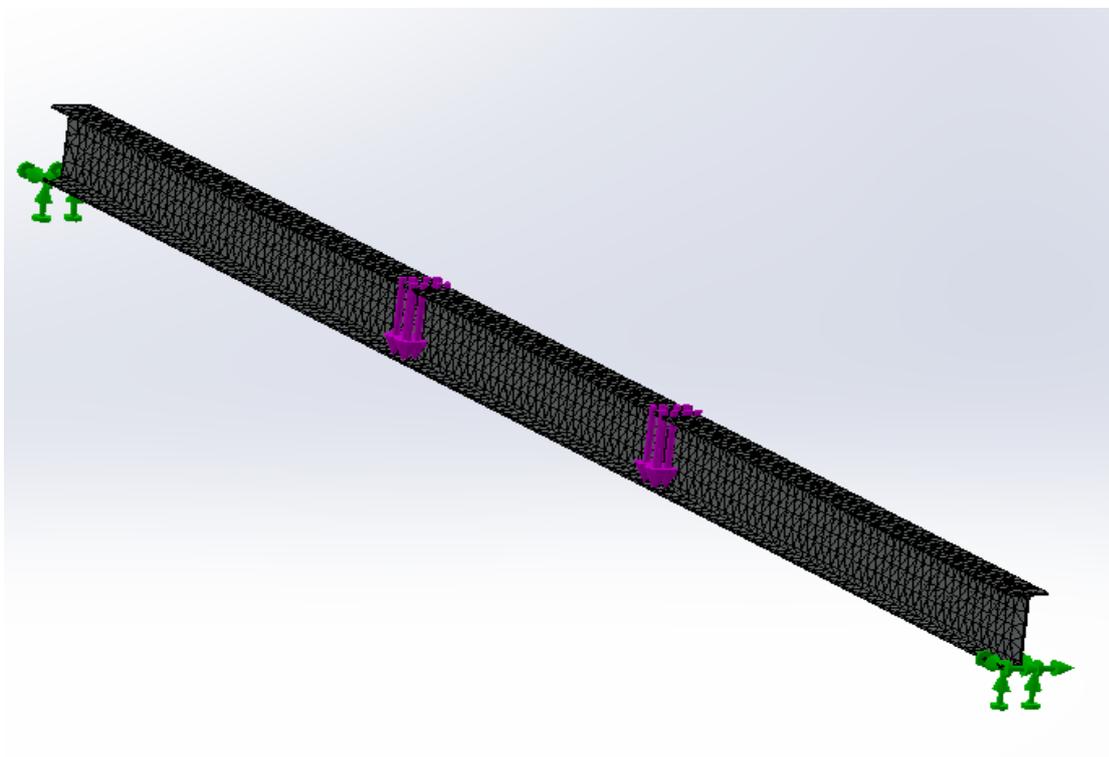


Figure IV.10: Maillage de la poutre.

IV.6.1.4 Résultats de la simulation :

La poutre a été conçue, les forces et les conditions aux limites ont été définies, et le modèle a été maillé. La prochaine étape essentielle consiste maintenant à exécuter la simulation.

Les principaux résultats de cette étude, notamment les champs de contraintes, de déplacements, de déformations, ainsi que les coefficients de sécurité, seront présentés et discutés en détail.

➤ Champ de contrainte

La contrainte équivalente de Von mises est de $144.1 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 =$

144.1 N/mm^2 elle est inférieure à la limite élastique du matériau (S235JR) $f_y = 235$

N/mm^2 . La poutre vérifie la résistance aux contraintes.

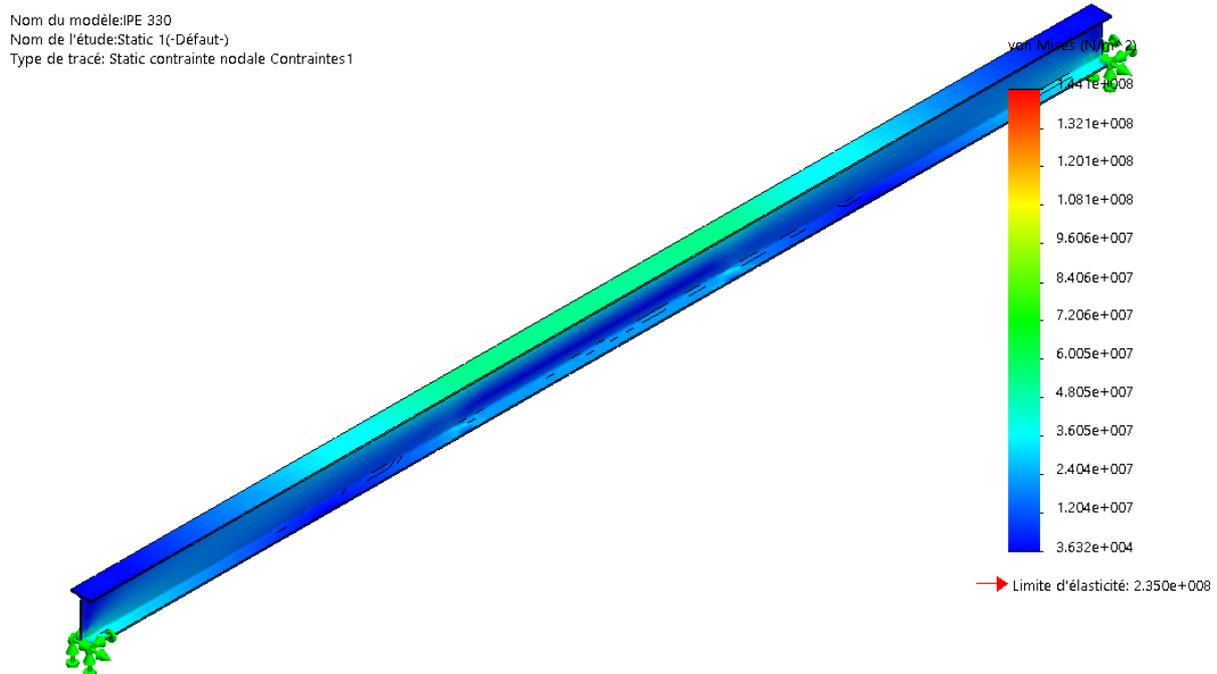


Figure IV.11: Cartographie des contraintes de Von Mises (poutre principale).

➤ Champ de déplacement :

Les résultats présentés dans la Figure, montrent le champ de déplacement de la poutre sous

l'effet de force appliquée. Sur cette figure, on note que les déplacements maximaux sont situés dans les zones d'application de force, on remarque aussi que la valeur maximale de déplacement est d'environ 6.55mm

Est inférieur à la flèche maximum admise par les normes qui de $L/750=10.66\text{mm}$.

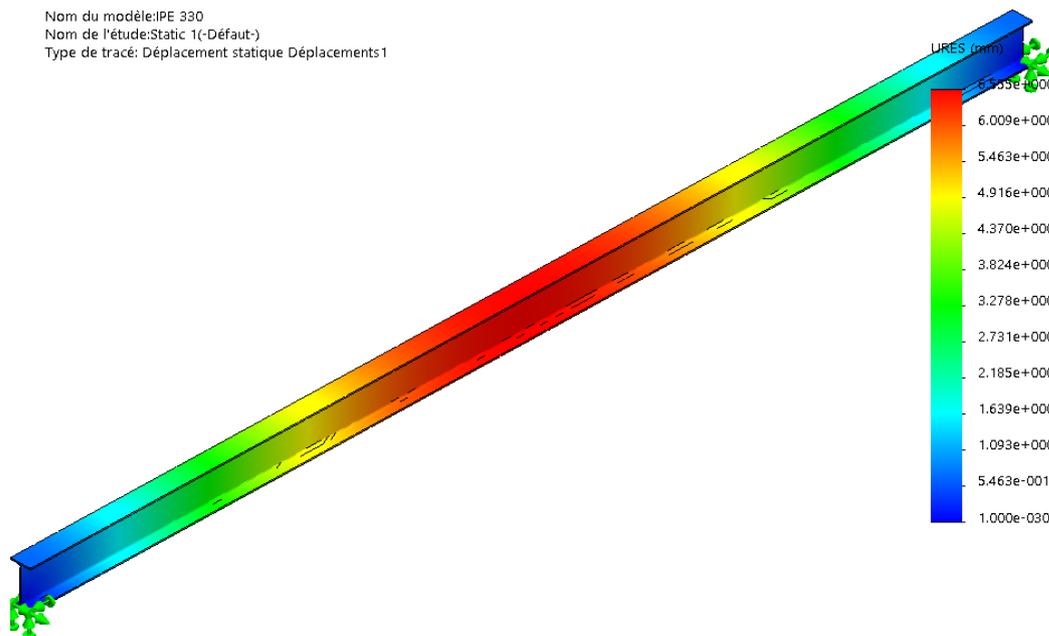


Figure IV.12: Cartographie des déplacements.

➤ **Champ de déformation :**

La Figure illustre la déformation de la poutre sous l'effet des forces et des conditions aux limites appliquées. Selon cette figure, la déformation maximale se concentre principalement sur les surfaces de contact entre les appuis et la poutre. De plus, les zones présentant les déformations les plus importantes correspondent aux zones de déplacement maximal (voir Figure).

Cependant, il est important de noter que cette déformation est de l'ordre de 10^{-4} , ce qui est presque négligeable. À partir de ces observations, nous pouvons conclure que la poutre ne subit qu'une déformation minimale sous les conditions spécifiées.

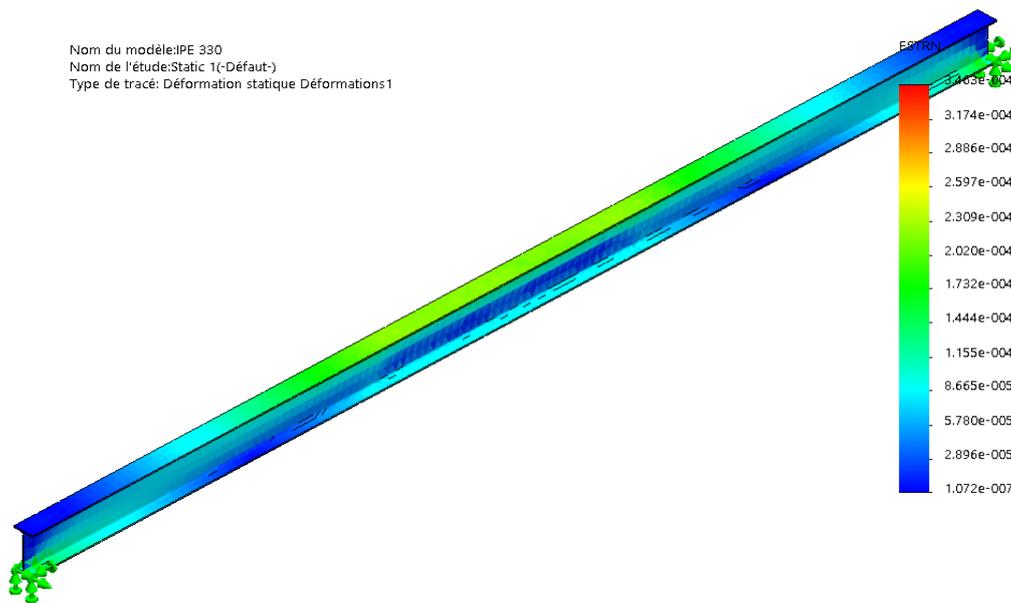


Figure IV.13: Distribution de champ de déformation de La poutre.

➤ **Coefficient de sécurité :**

Pour valider la conclusion selon laquelle la poutre n'est pas susceptible de se déformer, nous examinons la distribution du coefficient de sécurité associé. La Figure présente cette répartition du coefficient de sécurité, défini comme le rapport entre la contrainte maximale appliquée et la limite élastique du matériau.

L'analyse des résultats indiqués dans cette figure révèle que la valeur minimale du coefficient de sécurité est de 1.6. Cela signifie que la limite élastique du matériau est égale à 1.6 fois la valeur de la contrainte maximale observée. Ainsi, nous pouvons conclure que la poutre reste stable et ne présente pas de risque de déformation pendant son fonctionnement dans le mécanisme.

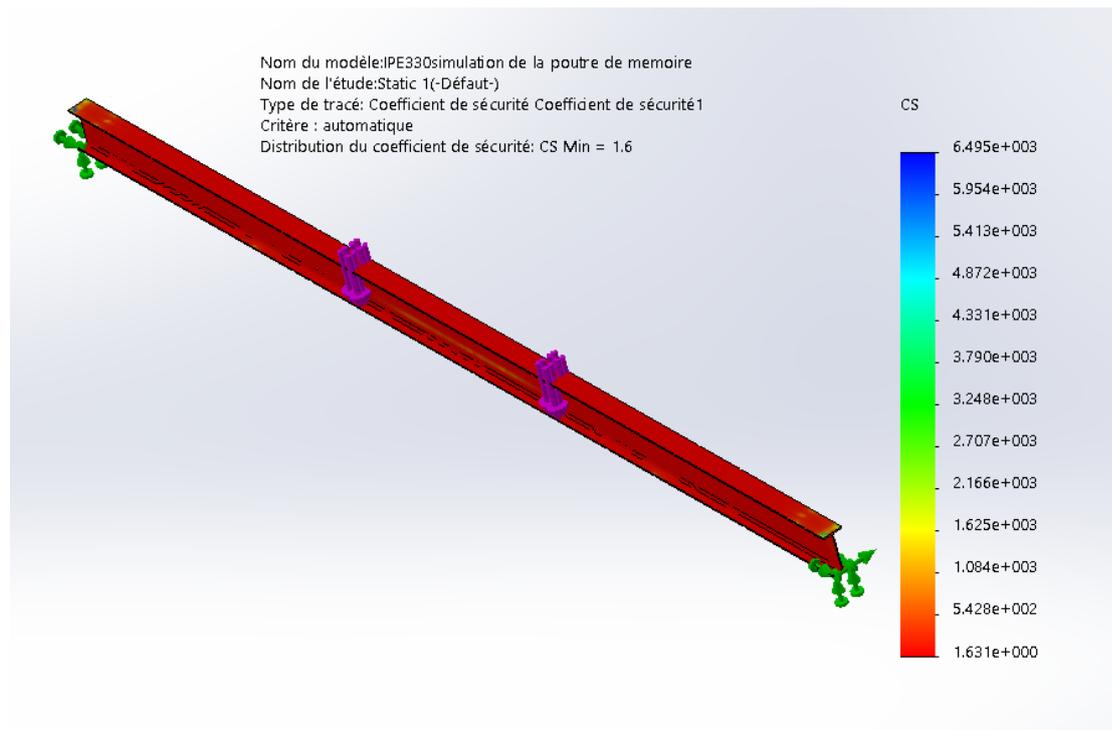


Figure IV.14: Distribution du coefficient de sécurité sur la poutre.

La poutre est entièrement bleue le coefficient de sécurité est respecté.

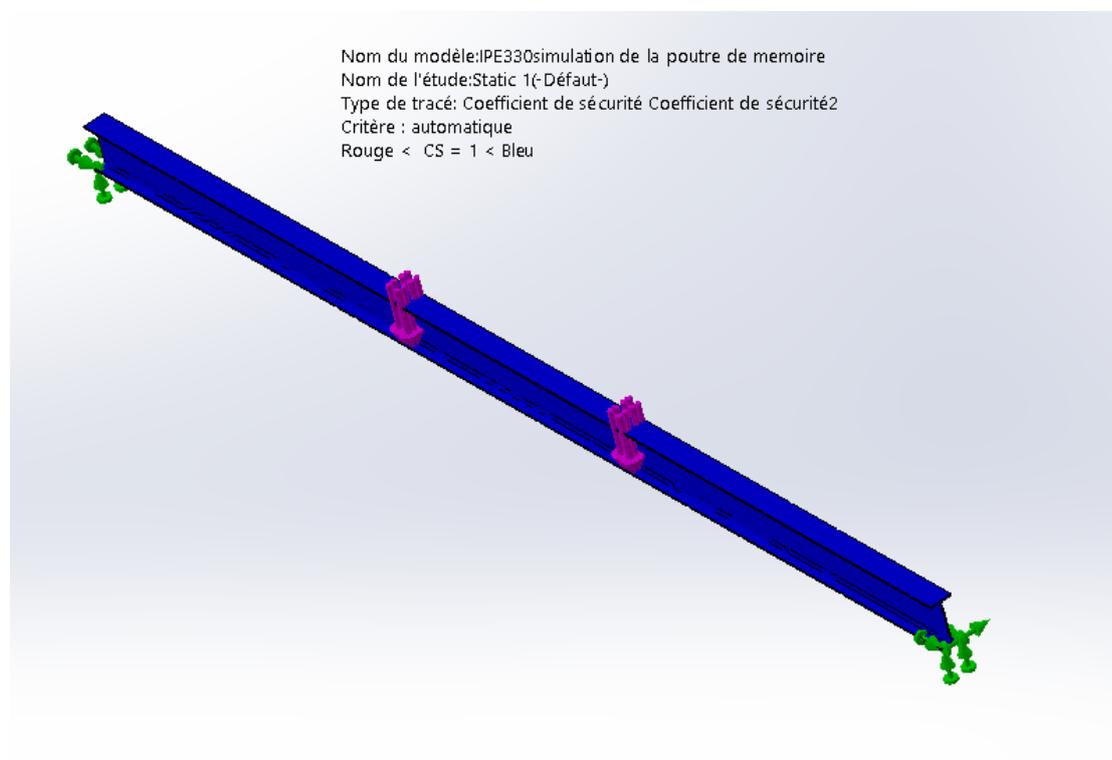


Figure IV.15: Coefficient de sécurité (poutre principale).

IV.7 Conclusion :

À l'aide de SolidWorks, nous avons réalisé la conception de la poutre principale en nous basant sur les calculs du troisième chapitre. Pour renforcer cette structure, nous avons ajouté deux raidisseurs. L'assemblage de la poutre principale avec les sommiers a été réalisé en utilisant des boulons. Les simulations ont été effectuées en appliquant une charge représentant le cas où le chariot est positionné au milieu de la poutre principale.

L'analyse des résultats obtenus s'est concentrée sur les contraintes de Von Mises, les déplacements, les champs de déformation ainsi que les coefficients de sécurité. Cette analyse a permis de vérifier la résistance et la stabilité du pont roulant dans des conditions opérationnelles typiques.

Les résultats montrent que la poutre principale et son assemblage répondent aux exigences de charge spécifiées, avec des coefficients de sécurité satisfaisants et des déformations négligeables. Ainsi, nous avons confirmé que la conception et l'assemblage sont robustes et capables de supporter efficacement les charges prévues, assurant ainsi la fiabilité et la durabilité du pont roulant.

Conclusion générale

Le travail dans ce mémoire de fin d'étude fut une expérience inoubliable et plein de moments Eureka grâce à l'application d'une plénitude de ce que j'ai appris lors de ma formation. Ce mémoire de fin d'étude a répondu avec succès aux objectifs de recherche énoncés au début. Il a approfondi mon compréhension dans un domaine énorme comme les appareils de levage et manutention et m'a apporté des informations précieuses sur le terrain professionnel.

Notre mémoire d'étude sur le thème du pont roulant monopoutre d'une capacité de 2 tonnes et d'une portée de 8 mètres, notre travail a établi une méthodologie robuste pour le calcul et la conception répondant aux exigences spécifiées.

Après avoir réalisé l'étude et la conception du pont roulant, il est clair que notre approche précise et méthodique a permis de développer une structure rigide et stable face aux diverses sollicitations auxquelles elle est soumise.

Ce projet nous a offert l'occasion d'appliquer les connaissances acquises tout au long de notre formation, en particulier dans l'utilisation avancée du logiciel SolidWorks. La flexibilité de ce logiciel nous a permis de modéliser et de simuler plusieurs scénarios, notamment en analysant les composants du pont roulant séparément et en les intégrant pour refléter au mieux leur comportement réel.

Nous avons obtenu des résultats significatifs concernant les contraintes, les déplacements et les champs de déformation, confirmant que la structure est capable de supporter efficacement les charges appliquées.

En somme, cette étude représente une contribution substantielle à la conception optimisée de ponts roulants, démontrant notre capacité à concevoir des solutions techniquement robustes et fiables pour répondre aux besoins industriels spécifiques.

Bibliographie :

- Qu'est-ce que la manutention : <https://www.espace-equipement.com/blog/qu-est-ce-que-la-manutention--n15>
- Fédération européenne de manutention : Cahiers de 1 à 9 F.E.M -1970.
- Eurocode 3: Partie 6 Chemin De Roulement, Avril 2002.
- PONTS ROULANTS : <https://www.abus-levage.fr/ponts/ponts-roulants>
- Étude et conception d'un système de manutention des galets du broyeur vertical de la matière crue : <http://www.mcours.net/cours/pdf/leilclic2/leilclic137.pdf>
- Mécanisme de levage d'un pont roulant : <https://www.levageconceptindustrie.com/details-me+canisme+de+levage+d+un+pont+roulant-200.html>
- Simulation numérique dans le processus de conception de systèmes mécaniques : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mecanique-th7/calcul-et-modelisation-en-mecanique-42178210/simulation-numerique-dans-le-processus-de-conception-de-systemes-mecaniques-bm5013/definition-d-un-systeme-mecanique-bm5013niv10001.html>
- Simulation SOLIDWORKS : <https://www.javelin-tech.com/3d/fr/technology/solidworks-simulation/>