

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE MECANIQUE



**Projet de fin d'étude pour l'obtention de diplôme de MASTER en
Fabrication mécanique et productive**

THEME

**Etude et dimensionnement
d'un pont roulant**

(Cas de l'entreprise SMIF Industrie
-Meftah-)

Réalisé Par : - M^{elle}. MADDI MANEL

-Mr. OSMANI HAKIM

-Mr. BAHY FETHI KAMEL

Encadré par :

-Mr. Madani Fatah

Année universitaire 2021/2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

A decorative floral element consisting of a cluster of stylized flowers and leaves, positioned to the left of the calligraphic text.

Remerciement

Avant tout nous remercions dieu, le tout puissant, qui nous a donné la force, la volonté et surtout le courage pour accomplir ce modeste mémoire.

Nous tenons à remercier tous les membres de nos familles pour tous les bienfaits qu'ils nous accordé, leur écoute, leur disponibilité et leur grand amour.

Nous adressons nous profonds remerciements à notre promoteur : Mr. Madani et Mr. Mallaoui pour sa confiance en nous, sa disponibilité, ses encouragements, son suivi et ses conseils avisés pendant toute la durée de ce travail qui nous a permis d'achever notre modeste travail.

Nous tenons aussi à remercier les membres de jury pour leur présence et pour le temps qu'ils ont bien voulu consacrer pour l'évaluation de ce travail.

Nous remercieront enfin à toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

Nous sommes heureux d'offrir cet humble travail à tous ceux qui directement ou indirectement ont contribué à sa réalisation.

A nos chers parents ; Pour leur générosité et leur présence permanente.

A nos familles afin d'inspirer notre vitalité et motiver nos efforts.

A nos professeurs et membres de l'entreprise SMIF pour les aider et les soutenir tout au long de notre période de formation.

A nos chers amis ; Pour témoigner de la fraternité qui nous lie.

Résumé

Dans la société, l'usine le pont roulant est le moyen de levage divers qui remplace l'effort humain, ce qui entraîne des gains de temps et de production.

Dans notre projet, nous avons choisi le pont roulant comme moyen le plus approprié pour soulever et transporter des tôles. Nous avons entièrement défini ses mécanismes comme moteur de direction, tambour, frein, réducteur, bloc et câble, et en identifiant leurs membres constructifs comme poutre principale et coudes de vent, donc après un calcul approfondi, nous avons considéré le type de pont roulant mono poutre.

Abstract

In society, the factory overhead crane is the various means of lifting which replaces human effort, and this leads to gains in time and production. In our project, we chose the overhead crane as the most suitable means for lifting and transporting sheet metal. We have fully defined its mechanisms as steering motor, drum, brake, reducer, block and cable, and by identifying their constructive members as the main beam and wind elbows, so after a thorough calculation we have considered the type of single-beam overhead crane.

المخلص

في المجمع، المصنع الرافعة العلوية هي وسيلة الرفع المختلفة التي تحل محل الجهد البشري، وهذا يؤدي إلى مكاسب في الوقت والإنتاج.

في مشروعنا، اخترنا الرافعة العلوية باعتبارها أنسب وسيلة لرفع ونقل الصفائح المعدنية.

لقد قمنا بتعريف آلياته تمامًا على أنها محرك توجيه، وطبل، ومكابح، ومخفض سرعة، وكتلة، وكابل، ومن خلال تحديد أعضائها البناءة على أنها الحزمة الرئيسية ومرفقي الرياح، لذلك بعد حساب شامل، درسنا نوع الرافعة العلوية ذات الحزمة الواحدة

Sommaire :

Introduction générale

Chapitre I : Présentation de L'entreprise d'accueil.....	19
I.1 Introduction.....	20
I.2 Définition de la société	21
I.3 Historique de création.....	22
I.4 Les sites d'implantation des unités de la SMIF.....	22
I.5 Les activités de la société.....	22
I.5.1 Maintenance et montage des équipements mécaniques	22
I.5.2 Maintenance et montage des équipements électriques	23
I.5.3 Fabrication de pièce de rechange mécanique	23
I.5.4 Maintenance des réfractaires des fours	24
I.6 Organigramme de la SMIF	24
I.7 Structuration de la société	25
I.7.1 Le niveau stratégique et de pilotage :	25
I.7.2 Le niveau opérationnel.....	25
I.8 Différente structure de l'UMI.....	25
Chapitre II : Généralités sur les ponts roulants.....	28
II.1 Introduction	29
II.2 Historique de pont roulant.....	30
II.3 Définition d'un pont roulant	31
II.4 Les différents types des ponts roulants	31
II.4.1 Pont roulant posée.....	32
II.4.2 Ponts roulants suspendus.....	32
II.4.3 Portiques.....	32

II.4.4	Semi-portiques.....	33
II.4.5	Portiques d’atelier.....	33
II.4.6	Ponts roulants avec bras manipulateur	35
II.5	Les composants d'un pont roulant	36
II.5.1	Poutre	36
II.5.2	Le sommier	36
II.5.3	Chemin de roulement	37
II.5.4	Galets de guidage	37
II.5.5	Rails de guidage.....	38
II.5.6	Chariots	38
II.5.6.1	Moteur de levage principal	39
II.5.6.2	Tambour.....	40
II.5.6.3	Freins	40
II.5.6.4	Réducteur de vitesse : (levage).....	41
II.5.6.5	Moufle.....	42
II.5.6.6	Câble.....	42
II.5.6.7	Moteur de direction	43
II.6	Installation d’un pont roulant.....	43
II.7	Fonctionnement d’un pont roulant	44
II.8	Principe de mouvement	46
II.9	Domaines d'application	47
II.10	Mesures de sécurité de base	47
II.11	Les avantages	48
1)	Avantages de la conception posée mono poutre	48
2)	Avantages de la conception suspendue mono poutre	48
3)	Avantages de la conception bipoutre	48
II.12	Conclusion	49
Chapitre III : Calcul et dimensionnement des éléments d’un pont roulant		50
III.1	Introduction	51
III.2	Dimensionnement de la poutre principale	54

III.2.1	Vérification de la poutre principale à la résistance aux efforts verticaux	55
III.2.1.1	Détermination du moment fléchissant	55
III.2.1.1.1	Moment fléchissant dû à la charge roulante	55
III.2.1.1.2	Moment fléchissant dû au poids propre de la poutre	57
III.2.1.2	Détermination de la contrainte maximale dans la poutre principale	59
III.2.1.2.1	Contrainte due à la charge roulante	59
III.2.1.2.2	Contrainte due au poids propre de la poutre	59
III.2.2	Vérification de la flèche de la poutre principale	60
III.2.3	Résistance aux efforts horizontaux	62
III.3	Détermination des sommiers	62
III.3.1	Moment fléchissant dans les sommiers	62
III.3.1.1	Matériaux des colonnes de guidages (les rails)	62
III.3.1.2	Matériaux des galets	63
III.3.1.3	Vérification des galets du chariot	63
III.3.1.4	Choix du rail de roulement et détermination de la largeur utile b	66
III.3.1.5	Détermination de la rainure de galet 125 qui correspondant au type du rail KSN 40.30	68
III.3.1.6	Détermination de la réaction sur les poutres des sommiers	69
III.3.1.7	Ecartement e des galets	70
III.3.2	Contraintes dans les poutres du sommier	70
III.4	Détermination des poteaux sous poutres de roulement	73
III.5	conclusions	76
Chapitre IV : simulation sur Ansys Work Bench		77
IV.1	Introduction	78
IV.2.	Démarrage et attribution des propriétés des matériaux	80
IV.3	Géométrie	83
IV.4	Configuration	87
IV.5	Vérification de la poutre principale	88
IV.5.1	Les Déplacements	91

IV.5.2 Les contraintes.....	92
IV.5.3 déformations.....	92
IV.6 vérifications des sommiers.....	93
IV.6.1 la contrainte de sommier	93
IV.6.2 les déplacements de sommier.....	93
IV.6.3 les déformations de sommier.....	94
IV.7 Conclusion.....	94
Conclusion générale	95
Bibliographique	96
Annexe.....	97

LISTE DES FIGURES

Chapitre II :

Fig.II.1 : Quelques applications des ponts roulants.....	29
Fig.II.2 : pont roulant (a) mono poutre (b) bipoutre	31
Fig.II.3 différent types des ponts roulants.....	34
Fig.II.4 Pont roulant avec bras manipulateur et prototype.....	35
Fig.II.5 Poutre.....	36
Fig.II.6 le sommier.....	36
Fig.II.7 Chemin de roulement.....	37
Fig.II.8 Galet de guidage.....	37
Fig.II.9 Rails de guidage.....	38
Fig.II.10 Chariot.....	39
Fig.II.11 Principaux éléments du mécanisme de levage	39
Fig.II.12 Photographie d'un moteur de levage.....	40
Fig.II.13 Photographie d'un Tambour d'un pont roulant.....	40
Fig. II.14 Photographie d'un frein à disque.....	41
Fig.II.15 réducteurs.....	41
Fig. II.16. Photographie de l'ensemble moufle.....	42
Fig. II.17 Câble métallique.....	42
Fig.II.18 Type de moteur utilisé dans les ponts roulants	43
Fig.II.19 installations pont roulant	44
Fig.II.20 : Principaux mouvements d'un pont roulant.....	46

Chapitre III :

Fig.III.1 dimensions de l'atelier	51
Fig.III.2 la poutre principale.....	54
Fig.III.3 Forces exercé par le chariot sur la poutre principale.	55
Fig.III.4 Répartition des charges dues au poids sur la poutre principale	58
Fig.III.5 Position extrême du chariot sur la poutre principale	62
Fig.III.6 présentations sommier	70
Fig.III.7 présentations poteaux hangar	75

Chapitre IV :

Fig. IV.1 L'entrée principale du départ les procédures de résolution des problèmes	78
Fig. IV. 2 les systèmes d'analyse a sa propre procédure.....	79
Fig.IV.3 les fichiers	80
Fig.IV.4 comment créer un projet.....	81
Fig.IV.5 tableaux choisé matière	82
Fig.IV.6 modifier la matière.....	83
Fig.IV.7 effectué la matière.....	83
Fig.IV.8 comment importé la géométrie.....	84
Fig.IV.9 sélection de l'unité.....	84
Fig.IV.10 efféctué les parametres.....	85
Fig.IV.11 Fenêtre de projet.....	85
Fig.IV.12 comment générer un maillage.....	86
Fig.IV.13 les modifications.....	86
Fig.IV.14 comment mettre à jour.....	87
Fig.IV.15 effectué le modele.....	87

Fig.IV.16 les serfaces de fixation.....	88
Fig.IV.17 la liste de support.....	88
Fig.IV.18 sélectionné la force.....	89
Fig.IV.19 choisi la force.....	89
Fig.IV.20 Fenêtre graphique.....	90
Fig.IV.21 comment choisi les solution.....	90
Fig.IV.22 les solutions.....	91
Fig.IV.23 déplacement	91
Fig.IV.24 contrainte.....	92
Fig.IV.25 déformation	92
Fig.IV.26 contrainte de sommier.....	93
Fig .IV.27 Déplacement de sommier.....	93
Fig.IV.28 Déformation de sommier.....	94

Liste des tableaux

Tableaux III.1 les caractéristiques de matière.	52
Tableau III.2 Les caractéristiques du matériau des galets.....	63
Tableau III.3 Choix du diamètre du galet.....	64
Tableau III.4 Détermination de la pression limite sur le rail.....	65
Tableau III.5 Choix du rail.....	66
Tableau III.6 Détermination du coefficient C1.....	67
Tableau III.7 Choix du coefficient C2.....	67
Tableau III.8 Rainure du galet	68

Liste des symboles

- **E** : module d'élasticité
- σ_e : limite d'élasticité
- **S** : **coefficient** de sécurité
- **P₀** : valeur maximale de la charge à manutentionner.
- **GV** : vitesse de levage
- **V_P** : vitesse de translation de pont
- **V_c** : vitesse de translation du chariot sur le pont
- **I** : moment d'inertie
- **I/v** : module d'inertie
- **P** : la force exercée par le chariot sur la poutre principale
- **x** : la distance entre chariot et sommier .
- **R_A** : réaction
- **M_f** : moment fléchissant
- **l** : portée / la longueur de poutre principale
- **P_p** : la charge maximale de la poutre
- **M_{fPp max}** : moment fléchissant maximale aux milieux de la poutre principale
- **$\sigma_1 \max$** : la contrainte due à la charge roulante
- **$\sigma_2 \max$** : la contrainte due au poids propre de la poutre principale
- **$\sigma_t \max$** : la contrainte maximale totale dans la poutre principale
- **f₁** : la flèche due à la charge roulant
- **f₂** : la flèche due au poids propre de la poutre
- **f_{max}** : la flèche maximale

- **e** : écartement des galets
- **σ_{adm}** : la contrainte admissible.
- **D** : Le diamètre du galet de roulement
- **b** : Largeurs utile du rail
- **r** : Rayon d'arrondi extérieur du champignon du rail
- **l** : Largeur du champignon du rail
- **Pl** : Pression limite fonction du matériau du galet et du rail
- **C1** : Coefficient fonction de la vitesse de translation et le diamètre du galet
- **C2** : Coefficient fonction du groupe du mécanisme de translation du pont.
- **Pmax** : Charge maxi au galet.
- **Pstatmin** : charge statique minimale au galet.
- **Pstatmax** : charge statique maximale au galet.

INTRODUCTION GENERALE

Il n'est pratiquement aucune activité humaine qui n'utilise à différents stades des déplacements d'objets plus ou moins pondéreux. D'où l'importance que revêtent les appareils de levage et de manutention.

Leur emploi est évidemment une nécessité dans l'industrie lourde où l'on doit, à tout instant, déplacer des charges importantes. L'amélioration du rendement d'un atelier, même modeste, qui dispose d'un système d'appareil commode justifie son installation et les dépenses qui en résultent.

Le pont roulant est un engin de levage mobile circulant sur un chemin de roulement constitué d'une poutre en caisson métallique sur laquelle se déplace transversalement au chemin de roulement, un chariot palan électrique de levage.

Le chemin de roulement est la structure porteuse du, constituée de deux poutres de roulement et ses supports. Les deux poutres parallèles sont équipées d'un rail en Fer carré sur lesquelles circule le pont roulant.

La translation sur le chemin de roulement est assurée via deux sommiers équipés de galets et de moteurs électrique.

L'objet de notre travail est l'étude d'un pont roulant destiné au déplacement des tôlerie dans une société de maintenance industrielle et fours SMIF filiale du GICA au niveau de la wilaya de blida

Notre mémoire est devisé en quatre chapitres :

Chapitre I : Dans le premier, on a fait une présentation de l'entreprise d'accueil on a parlé brièvement sur la société, on a donné son historique de création et les sites d'implantation des unités de la SMIF après on a défini les activités de la société et leur organigramme de la SMIF finalement on est terminé avec la structuration de la société.

Chapitre II : Le deuxième chapitre, on parle des ponts roulant d'une manière générale, on définit ses éléments constitutifs et les différents types du pont roulant ainsi son fonctionnement et les principaux mécanismes.

Chapitre III : Et dans ce chapitre, nous avons mis à dimensionnement des différentes structures de pont roulant. Il s'agit entre autres de la poutre principale, des sommiers, et poteaux sous poutres de roulement.

Chapitre IV : Dans ce chapitre nous avons fait la parte de Simulation pour confirmer les résultats obtenir d'après les calculs analytiques

Au final toutes parties de notre étude est dans le but de proposer que notre mécanisme puisse contribuer pour satisfaire les besoins d'un bon rendement de travail et répondre aux exigences actuelles.

Chapitre. I

Contexte général

Présentation de L'entreprise d'accueil

SMIF Société de Maintenance Industrielle et Fours est une filiale du Groupe Industriel des ciments, par abréviation « GICA » d'Algérie.



Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

I.1 Introduction générale :

Le stage est une occasion qui nous permet d'être en contact direct avec l'environnement professionnel dans lequel nous entamerons notre future vie.

En parlant de cette partition, la stagiaire apprend des leçons pratiques en essayant de briser les barrières de timidités, d'adapter et d'améliorer ses connaissances théoriques.

Sur le plan humain et psychologique, il certaine que stage ou plutôt les Rapport direct avec le personnel permettent et offrent une sociabilité assez rapide et satisfaisante.

S'il y a une cause aujourd'hui qui doit mobiliser l'attention et l'énergie de Toutes les forces vives de nation il ne peut s'agit, que celle de la lutte pour l'emploi.

Une entreprise souffre de nombreux problèmes qui affectant directement son rendement et sa capacité de production.

Parmi ces problèmes le problème du levage et du transport des plaques métalliques dans l'atelier CNC plasma, qui lui coutent de l'argent et du temps et sont deux facteurs principaux dans le progrès d'une entreprise.

Les ingénieurs de cette société ont pensé à la solution qui réside dans le pont roulant de type mono poutre d'une capacité de charge de 3t.

I.2 Définition de la société :

Société de Maintenance Industrielle et Fours, filiale du Groupe GICA, Groupe Industriel des ciments d'Algérie.

La SMIF, spécialisée dans la maintenance et montage intervient au niveau national dans l'industrie fonctionnant à feu continu et plus particulièrement dans l'industrie des ciments et dérivés.

En 1990 l'entreprise de ciment du Centre Ex ERCC a procédé à la création de deux unités de maintenance opérationnelles spécialisées dans l'industrie du ciment

- La réalisation des infrastructures de base.
- Le recrutement d'un personnel complémentaire.
- La formation et le perfectionnement continu du personnel.
- L'acquisition de moyens matériels nouveaux.

SMIF « Société de Maintenance Industrielle et Fours » est issue de la filialisation du groupe ERCC en 1998 avec un capital social de 245 000 000.00 DA

L'entreprise SMIF est constituée de trois unités :

- Unité maintenance industriel Meftah.
- Unité maintenance industriel Sour-EL-ghozlène.
- Unité d'ingénierie et conseil en maintenance.



I.3 Historique de création :

En 1989 création de l'unité de maintenance des fours UMF comme unité de l'ERCC (entreprise des ciments et dérivés du centre).

En 1991, création de l'unité de maintenance industrielle UMI Meftah, comme unité de l'ERCC.

En janvier 1998, création de la société de maintenance industrielle et fours « SMIF », filiale de l'ERCC et union des deux unités UMI & UMF sous un protocole d'accord entre ces deux unités.

En 2010, dissolution de l'ERCC et de ses unités régionales et transfert de leur actif financier et commercial au groupe appelé « Groupe Industriel des ciments d'Algérie GICA ».

I.4 Les sites d'implantation des unités de la SMIF :

- UMI Meftah s'étend sur une superficie de 2.75 hectares à proximité de la cimenterie de Meftah.
- UMI Sour El Ghozlane s'étend sur une superficie de 2.35 hectares à proximité de la cimenterie de Sour El Ghozlane.

En 2009 et suite à la création du groupe GICA, la SMIF est devenue officiellement filiale de groupe GICA.

En 2015 la société a procédé à une opération de recapitalisation dont le capital social est passé de 245 000 000 .00 à 795 000 000 .00 DA

I.5 Les activités de la société :

I.5.1 Maintenance et montage des équipements mécaniques :

Notre personnel est issu principalement des cimenteries, la mécanique (à la fois lourde et précision) occupe une place prépondérante dans notre activité.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.



I.5.2 Maintenance et montage des équipements électriques :

1. Etudes et réalisation de projets.
2. Montage de nouveaux équipements et installations.
3. Travaux de maintenance électrique.
4. Travaux d'éclairage.



I.5.3 Fabrication de pièce de rechange mécanique :

Nos ateliers de Meftah et de Sour El Ghozlane ont des moyens en hommes et en équipements suffisamment importants pour offrir des présentations de qualité aux meilleurs prix et délais.



Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

I.5.4 Maintenance des réfractaires des fours :

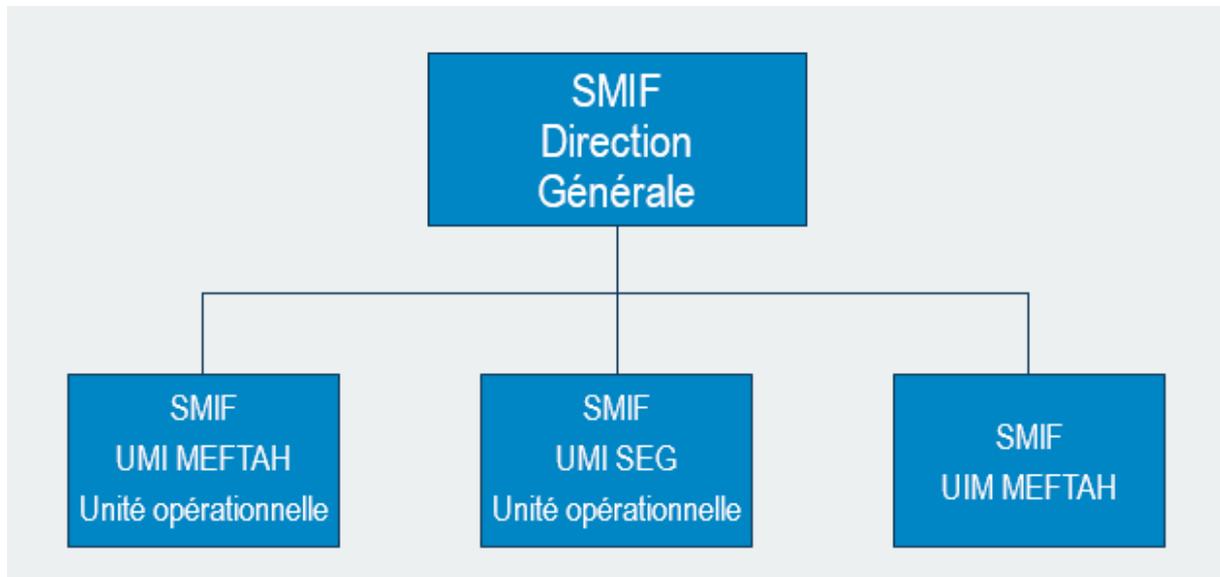
La remise en état totale des réfractaires des fours des cimenteries, mais également des fours de briqueteries et tous foyers de feux



Maintenance conditionnelle par l'analyse vibratoire, thermographie infrarouge et analyse des huiles.

Ingénierie et conseil en maintenance.

I.6 Organigramme de la SMIF :



Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

I.7 Structuration de la société :

La SMIF a une organisation qui s'articule sur les deux niveaux :

I.7.1 Le niveau stratégique et de pilotage :

Dévolu à la direction générale de la société SMIF.

I.7.2 Le niveau opérationnel :

Dévolu aux trois unités de maintenance (UMI Meftah, UMI Sour El Ghozlane et UIM Meftah), qui en plus, ont l'obligation de développer et maîtriser les techniques d'amélioration des activités.

I.8 Différente structure de l'UMI :

Pendant la période de training dans UMI de Meftah j'avais la chance de visiter les services suivants :

- a) TCO
- b) Bureau d'étude
- c) Coordination.
- d) Logistique.
- e) Service d'approvisionnement et gestion des stock.
- f) Service comptabilité et finance.
- g) Service de la gestion de ressource humaine et paie.

a. Structure TCO :

Le TCO est composé par :

- Responsable TCO.
 - Secrétaire.
 - CPPA (Charger planning préparation affaire) fabrication.
 - CPPA (charger planning préparation affaire) montage mécanique.
 - CPPA (Charger planning préparation affaire) montage électrique.
 - CPPA (charger planning préparation affaire) génie civil.
 - Facturation.
 - Bureau d'études.
- **Le rôle principal de TCO est :** Sélectionner les meilleures occasions existantes sur le Marché. Cette sélection se fait à partir de l'analyse et l'étude préliminaire de prestations Demandées par les clients qui passe par les trois étapes suivantes :

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

- Achat du cahier de charge.
- Etude de faisabilité.
- préparation de l'offre.
- Faire l'étude et les plans pour fabriquer.

b. Structure coordination :

La structure de coordination a pour objet réalisé les prestations de montage Mécanique ou électrique même les travaux de fumisterie et génie civil et Constitue d'un coordinateur et des projet affaire.

Le rôle ce structure :

Est lié les attaches de différentes structures :

- Veille au respect des exigences contractuelles des affaire.
- Planifie les affaires suit et veille au bon déroulement des opérations planifiées.
- Suit l'avancement, évalue les cartes.
- Reçoit les bilans périodiques et évalue les rendements.
- Reçoit les bilans finaux des affaires.

C. Structure logistique :

La structure de logistique a pour objet de gérer les ressources humaines et matérielles Pour alimenter les chantiers même les ateliers pour réaliser des présentations.

La structure de logistique se compose de :

- Responsable Logistique.
- Matériels Mécanique & Rouleau.
- Matériels De Manutention.
- Gestion Des contrats.
- Ressource Humaine Mécanique Civil & Electrique.
- Ressource Humaine Génie Civil & Fumisterie.

Et les activités principales sont :

- Prépare, planifie les moyens de production et ressources en fonction des Demandes (affaire).
- Veille sur la durabilité de l'outil de production, élabore et constitue, les dossiers Techniques et historique des équipements.
- Tient à jour les fichiers des compétences.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

- Veille au respect des objectives et plannings de fabrication.
- Veille au respect des règles de sécurité.

D. Service d'approvisionnement et GDS :

Il charge de l'achat du matériel après réception d'un bon d'achat délivré par le service Concerné qui le vise de la gestion de stock. L'achat se fait par un bon de commande délivré par service approvisionnement et après Sélections parmi les fournisseurs.

Le rôle de la gestion de stock est :

- Réception du matériel.
- Sortie du matériel.
- Faire une estimation quantitative des matériels.
- Faire une vérification périodique dans le magasin pour acheter les pièces qui Manque.

E. Service comptabilité et finance c'est le service qui surveille toute activité

Au niveau de la société soit consommer ou bénéficier d'argent (achat des produits, paiements, investissements, réalisation des prestations...Etc.).

F. Service de la gestion de ressource humaine :

La GRH c'est le service de toute une gestion qui concerne les personelles et Organisation du travail de la société dès le recrutement jusqu'à la retraite Suivants règlements intérieur qui relative à l'organisation technique du travail à la discipline, à l'hygiène, elle se compose de :

- Responsable GRH.
- Section paye.
- Section GRH.
- Section sociale.

Chapitre II

Généralités sur les ponts roulants.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

II.1 Introduction :

Les ponts roulants et les portiques sont des moyens de manutention indispensables dans bien de secteurs industriels. Les centrales hydrauliques, les constructions navales, l'armement, les cimenteries, la sidérurgie, les usines d'incinération d'ordures ménagères sont autant d'exemples qui témoignent de l'utilité de ces moyens de levage et de transbordement (Fig. II.1).

Les ponts roulants et les portiques sont des machines permettent ; au moyen des mouvements élémentaires ; de déplacer ou de transborder une charge en tout point d'un volume parallélépipédique. Ils sont conçus pour répondre aux besoins de levage industriel de type moyen et lourd. Ces appareils permettent la manutention des charges les plus variées avec l'aide éventuelle de certains accessoires interchangeables tels que palonniers, bennes, rotateurs, fourches, suceurs.



A - Pont roulant pour containers
Halle de stockage



B - Pont roulant
Pour manutention de matériaux



C- Pont roulant avec grappin et palan
auxiliaire pour centrale d'incinération



D - Pont roulant Pour les scories provenant
d'incinération des déchets

Fig.II.1 : Quelques applications des ponts roulants

II.2 Historique de pont roulant :

En 1876, Sampson Moore, en Angleterre, a conçu et fourni le tout premier pont roulant électrique, utilisé pour hisser des canons à l'arsenal royal de Woolwich, à Londres. Depuis lors, Alliance. Machine, aujourd'hui disparue, détient une citation AISE pour l'une des premières grues du marché américain. Cette grue a été en service jusqu'au vers 1980, et est maintenant dans un musée à Birmingham, en Alabama. Au fil des années, d'importantes innovations, comme le frein de charge. Weston (qui est maintenant rare) et le palan à câble (qui est toujours populaire), sont venues et ont disparu. Le palan d'origine contenait des composants accouplés dans ce qu'on appelle maintenant le palan de type bâti. Ces palans sont utilisés pour des applications lourdes telles que la manutention de bobines d'acier et pour les utilisateurs souhaitant une longue durée de vie et une meilleure durabilité.

Ils fournissent également un entretien plus facile. Maintenant, de nombreux palans sont des palans, construits comme une unité dans un seul logement, généralement conçu pour une durée de vie de dix ans, mais le calcul de la vie est basé sur une norme de l'industrie lors du calcul de la vie réelle. Voir le site Hoists Manufacturers Institute ^[1] pour le vrai calcul de la vie qui est basé sur la charge et les heures utilisées.

Dans le monde moderne d'aujourd'hui pour le marché nord-américain, il existe quelques instances dirigeantes pour l'industrie.

L'Over Head Alliance est un groupe qui représente l'Association des fabricants de grues d'Amérique (CMAA), l'Institut des fabricants de grues (HMI) et la monorail Manufacturers Association (MMA). Ces conseils produits de l'industrie de la manutention des matériaux d'Amérique ont uni leurs forces pour créer du matériel promotionnel afin de sensibiliser le public aux avantages du levage aérien. Les membres de ce groupe sont des représentants marketing des sociétés membres.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

II.3 Définition d'un pont roulant :

Les poutres roulantes, ponts roulants, portiques et semi-portiques sont des appareils de levage destinés à soulever et à déplacer des charges. Ils se déplacent sur des chemins de roulement parallèles, leur organe de préhension (crochet ou autre accessoire de levage) est suspendu par l'intermédiaire d'un câble et de poulies à un mécanisme de levage (treuil ou palan) susceptible de se déplacer perpendiculairement aux chemins de roulement de l'appareil et composé de d'une structure horizontale en acier (le « pont » ou quadrilatère) se déplaçant sur deux voies de roulement [2]

II.4 Les différents types des ponts roulants :

Il existe 4 grands groupes d'appareils dont la construction peut être des deux types suivants :

Un pont (ou arc) (fig.II.2) est dit à une seule poutre, lorsque sa charpente est constituée de

Mono poutre (le chariot palan est alors Mono poutre), un pont est dit Bipoutre lorsque sa charpente constituée de deux poutres, si le chariot élévateur est de type Bi rail

Pont roulant à trois poutres utilisées dans la production de tuyauterie, ce pont est muni d'appareillage d'agrippement spécial.

Pont roulant à quatre poutres utilisées dans la production de tuyauterie, ce pont permet de lever des traverses de 65 m de long. Pour empêcher l'oscillation des traverses, un système de télescope est prévu entre les poutres principales et la traverse [3].

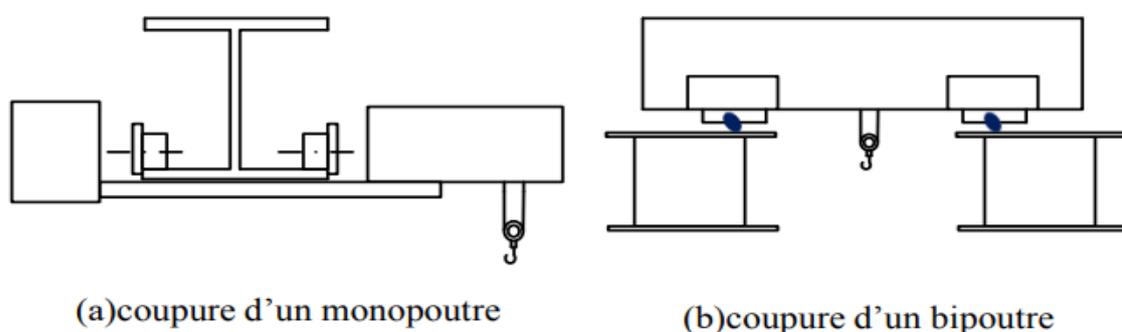


Fig.II.2 : pont roulant (a) mono poutre (b) bipoutre

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

II.4.1 Pont roulant posée (fig.II.3 a et b)

L'appareil roule sur deux voies de roulement constituées par un rail qui repose sur une poutre de roulement reprise sur les poteaux du bâtiment ou de l'aire de travail ou de stockage par l'intermédiaire de corbeaux (pièce en forme de trapèze rectangle métallique ou en béton qui assure la liaison entre le chemin de roulement et le poteau). Pour une portée donnée (inférieure à 30 m) et une hauteur sous ferme donnée, c'est le type de pont qui permet d'obtenir la meilleure hauteur de levage.

II.4.2 Ponts roulants suspendus (fig.II.3 c) :

L'appareil roule sur l'aile inférieure d'un profilé repris directement sur les fermes du bâtiment. Ces chemins de roulement peuvent comporter plus de deux voies de roulement. Ils peuvent en outre être équipés de plusieurs moyens de levage pour desservir toute la surface du bâtiment. Dans le cas de portée très importante on installera donc plutôt ce type de matériel.

II.4.3 Portiques (fig.II.3 d) :

L'appareil roule sur deux voies de roulement constituées par un rail fixé directement au sol. Ils sont reliés par deux jambes ou palées. Ces portiques sont installés dans le cas où le bâtiment ne pourrait supporter les réactions qu'entraînerait l'installation d'un pont roulant ou si les transformations nécessaires s'avéraient très onéreuses, il en serait de même s'il n'y avait pas de bâtiment du tout (parc extérieur). Un déport des poutres de roulement permettant d'aller chercher des charges à l'extérieur des rails de roulement est possible, il se nomme, dans ce cas, portique à avant-bec.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

II.4.4 Semi-portiques (fig.3 e) :

L'appareil roule sur deux voies de roulement. L'une est constituée par un rail au sol, alors que l'autre s'appuie sur la charpente du bâtiment et roule sur un chemin de roulement aérien. Cette formule est utilisée le plus souvent en complément d'un pont roulant important qui assure la liaison entre les postes équipés chacun d'un semi-portique.

II.4.5 Portiques d'atelier :

Cette dernière famille est constituée d'appareils légers pouvant rouler directement sur le sol sans chemin de roulement, ayant parfois une possibilité de rotation dans l'axe de translation. Ces portiques sont majoritairement de type mono poutre.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

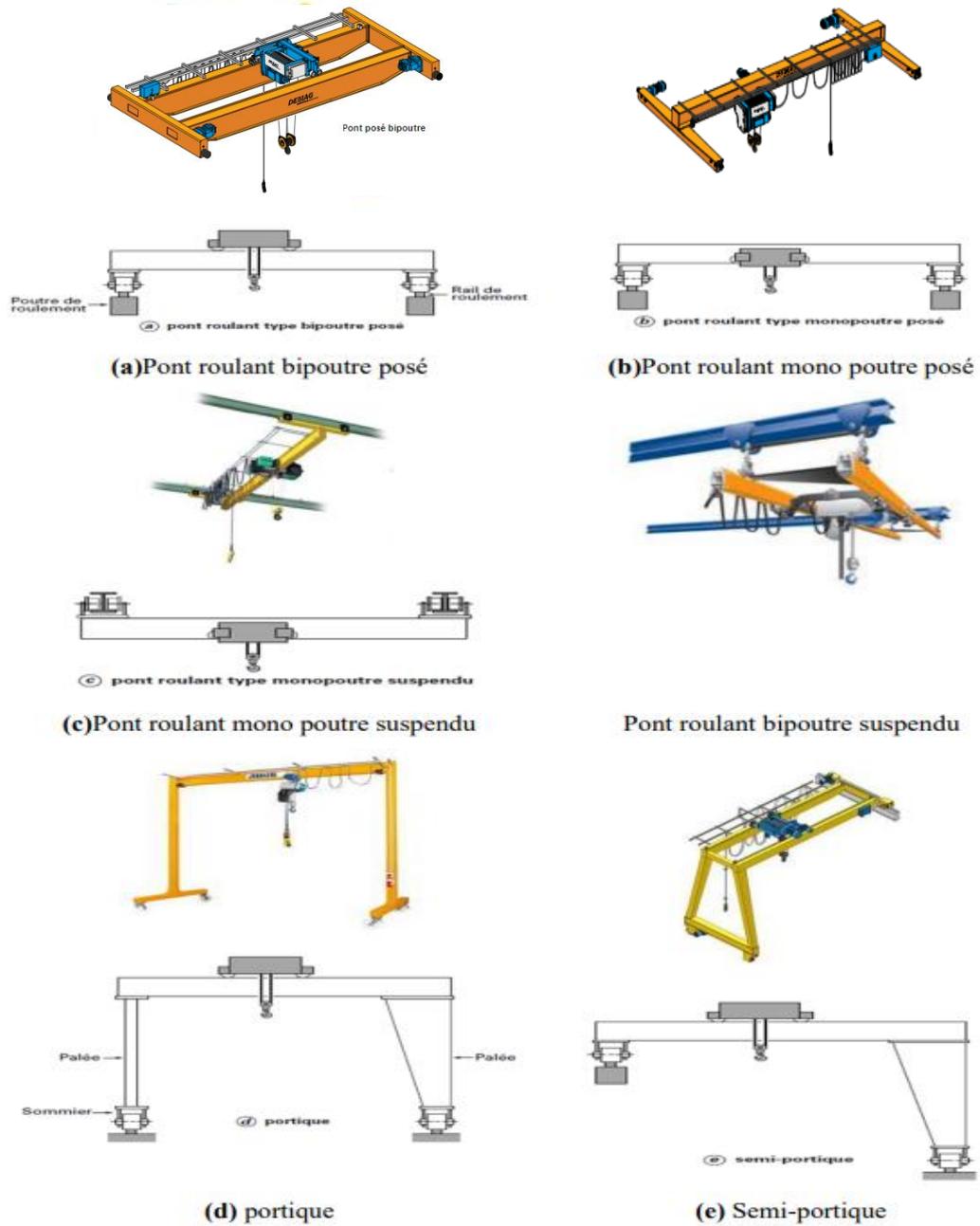


Fig.II.3 différent types des ponts roulants.

II.4.6 Ponts roulants avec bras manipulateur :

La conception des ponts roulants avec bras manipulés a été rendue possible par des connaissances scientifiques et techniques en mécanique et en techniques électriques. Ces machines sont destinées à augmenter les possibilités de l'homme pour leur rapidité de leurs déplacements et de leurs actions, et pour l'amplification de sa force et de son champ d'action notamment dans l'accomplissement de tâches pénibles, dangereuses et répétitives. Les fonctions sont diverses à savoir : le déplacement (saisie, transport et dépôts) (Fig. II. 4), la manipulation au sens large du terme, l'augmentation de la sécurité, amélioration de la qualité du produit grâce à une meilleure répétitivité et d'une flexibilité du produit. Les ponts roulants avec bras manipulateurs agissent sur l'environnement. Leur état est mesuré par des capteurs et modifié par des actionneurs. Leur installation est demandée dans les diverses industries ^[4] .

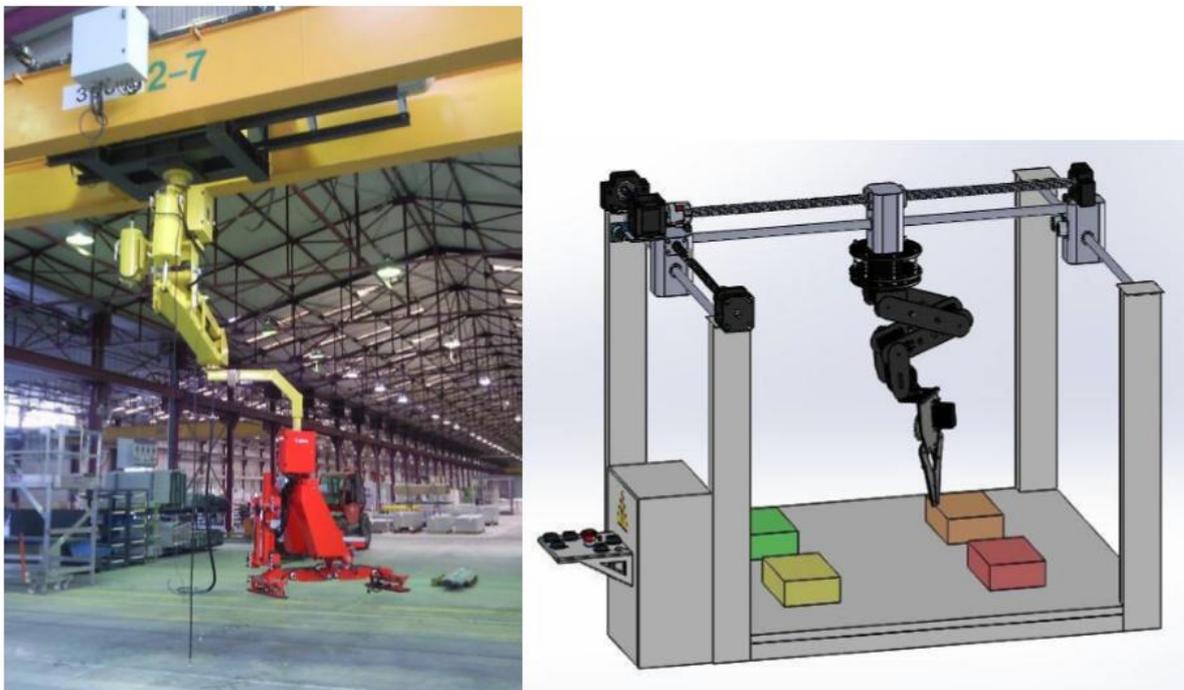


Fig.II.4 Pont roulant avec bras manipulateur et prototype.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

II.5 Les composants d'un pont roulant :

Un pont roulant se présente comme une machine qui sert à manutentionner, à déplacer, à déposer, à stocker, à charger ou à décharger des produits ou des équipements lourds à l'intérieur ou à l'extérieur d'un bâtiment industriel ^[5].

Son fonctionnement repose sur divers composants comme :

II.5.1 Poutre :

Elle se compose d'une métallique montée sur galets et se déplaçant sur un chemin de roulement placé sur des chaises fixées au mur ou sur des poteaux. Cette construction est économique, mais elle a un poids mort relativement élevé. On la rencontre surtout pour des ponts de portée et capacités de levage faibles. Les profilés utilisés sont principalement en acier du type HEA ou HEB.



Fig.II.5 Poutre

II.5.2 Le sommier :

Placés à chaque extrémité de la ou des poutres du pont roulant, selon que celui-ci soit mono poutre ou bipoutre.



Fig.II.6 le sommier

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

II.5.3 Chemin de roulement :

Poteaux et filet de chemin de roulement en H ou caisson, permettant des portées jusqu'à 40 mètres entre poteaux. Le chemin de roulement est constitué par une poutre (profil en H ou similaire) qui repose sur deux poteaux successifs du bâtiment et supporte le rail de roulement.

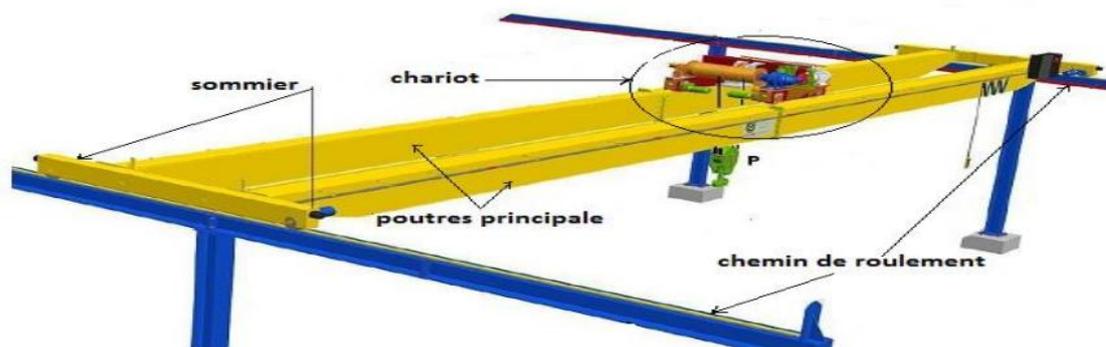


Fig.II.7 Chemin de roulement

II.5.4 Galets de guidage :

Les galets de guidage équipés assurent des fonctions de transport sur rails dans la gamme maximale de charges. Ils permettent de réaliser des unités de translation complètes dans des versions entraînées et non-entraînées. Celles-ci sont équipées des motoréducteurs à arbres parallèles ou à couple conique.

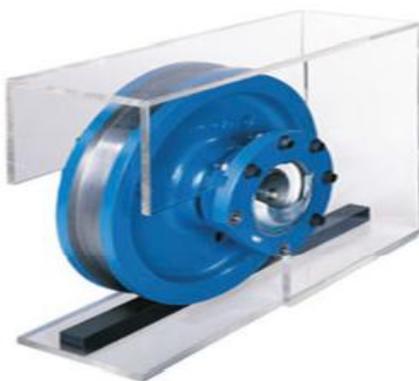


Fig.II.8 Galet de guidage

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

II.5.5 Rails de guidage :

Les rails de guidage combinés existent en version pleine et allégée, avec des profilés porteurs très résistants à la flexion, sous forme de demi-rail, d'élément courbe ou encore en version basse. Des rails munis de rainures pour crémaillères ou courroies crantées sont également disponibles.



Fig.II.9 Rails de guidage

II.5.6 Chariots :

C'est l'ensemble auquel est suspendu le dispositif de préhension, il contient les éléments suivants : Galet de roulement ; Tambour ; Moteur de levage ; Moteur de direction ; Moufle.

Les chariots sont disponibles sous la forme de :

- 1) Chariots allégés, à la fois légers et économiques.
- 2) Chariots ouverts, particulièrement solides, favorisant un guidage performant et de conception simple.
- 3) Chariots compacts fermés, si les guidages doivent être utilisés dans un environnement pollué.
- 4) Chariots palier libre, pour des applications comprenant des paliers fixes et des paliers libres avec deux systèmes de guidage sur rails parallèles.
- 5) Chariots à boggies.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.



Fig.II.10 Chariot

Il assure la monte et la descente de la charge, ce mécanisme peut comporter les éléments suivants :

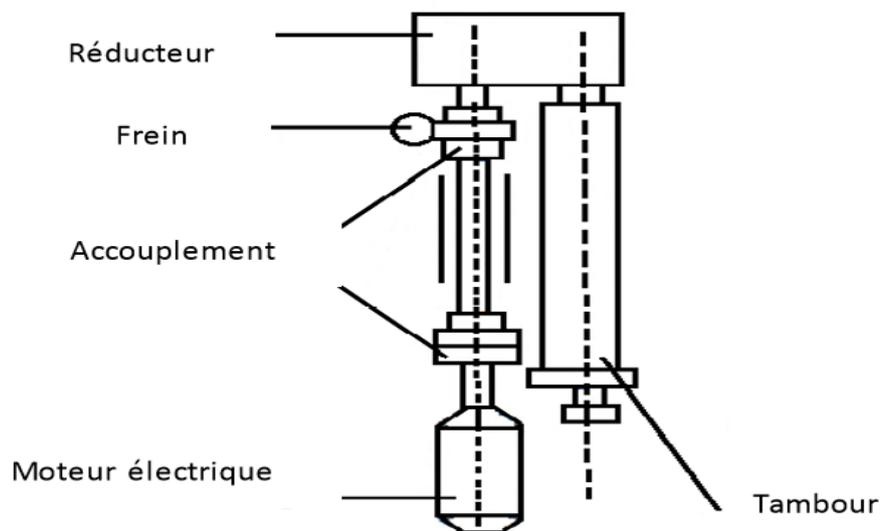


Fig.II.11 Principaux éléments du mécanisme de levage

II.5.6.1 Moteur de levage principal :

En général, les moteurs électriques des appareils de levage sont alimentés soit par un courant triphasé qui produit un couple important lors du démarrage, ou bien par un courant continu qui permet d'obtenir un bon rendement et une meilleure souplesse. Le choix du moteur se fait à base de la puissance nécessaire à la montée de la charge appelée aussi puissance résistante (P_n) [6].



Fig.II.12 Photographie d'un moteur de levage

II.5.6.2 Tambour :

Roue dentée ou noix d'entraînement de levage principal. Le tambour, pièce essentielle du mécanisme de levage, sur laquelle s'enroule le câble il a une surface utile tubulaire, en effet, il obtenu à partir d'un "tube mécanique" ; ainsi les économies sur le poids sont appréciables constitué en acier, suffisamment dur pour éviter les indentations créées par le câble ne viennent détériorer le câble qui le remplace. Les tambours doivent être dimensionnés dans toute la mesure du possible afin que la capacité d'enroulement soit tenue en une seule couche. L'angle de déflexion du câble sur le tambour ne devra pas dépasser 6,33% soit approximativement degré 40° [5]



Fig.II.13 Photographie d'un Tambour d'un pont roulant.

II.5.6.3 Freins :

Les freins les plus utilisés pour les appareils de levage de moyenne puissance sont les freins à sabots, commandés par électro-aimants. Pour un service intensif, la tendance actuelle est de remplacer les freins à sabots par les freins à disque, qui permettent d'obtenir dans un espace plus réduit des couples de freinage plus importants [5].

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

Les freins ont deux rôles :

- Absorber l'inertie cinétique des masses en mouvement pour ralentir rapidement la charge avant l'arrêt.
- Maintenir la charge en toute sécurité



Fig. II.14 Photographie d'un frein à disque.

II.5.6.4 Réducteur de vitesse : (levage)

Les engrenages de réducteurs sont montés sous carter étanche à bain d'huile. Toutefois, pour les grandes puissances ou les très grands rapports de réduction (≥ 100), on utilise une couronne dentée à l'air libre fixée sur le tambour, et attaquée par un pignon monté sur l'arbre de sortie du réducteur.

Les réducteurs à engrenage (denture inclinée) sont les plus employés.

Ils sont silencieux et ont un très bon rendement (0,98 à 0,99 par train d'engrenage).

L'emploi d'un premier train conique épicycloïdal permet d'avoir l'arbre moteur à 90° de l'arbre mené.



Fig.II.15 réducteurs

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

II.5.6.5 Moufle :

Il se compose d'un câble de levage, poulies et croché

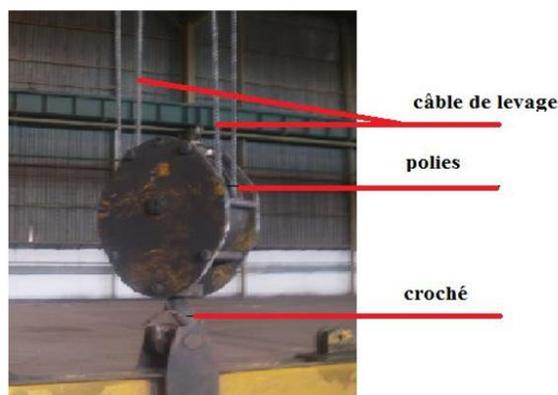


Fig. II.16. Photographie de l'ensemble moufle.

II.5.6.6 Câble :

Des fils d'acier enroulés en hélice autour d'un fil central constituent un toron, ces torons sont eux-mêmes enroulés en hélice autour d'une âme centrale ; un câble à fils fins est plus souple qu'un câble à gros fils, il pourra s'enrouler sans dommage sur une poulie ou un tambour de plus faible diamètre. On notera que l'âme centrale en textile augmente la souplesse des câbles. Les câbles sont avantageés d'être huit fois plus légers qu'une chaîne ayant à supporter la même charge. La durée de vie d'un câble de levage dépend de facteurs inhérents, d'une part à la construction interne du câble (âme, souplesse du fil, composition) et d'autre part aux conditions d'enroulement.

Ainsi, la durée de vie du câble est d'autant plus longue que les diamètres d'enroulement sont grain Ainsi, la durée de vie du câble est d'autant plus longue que les diamètres d'enroulement sont grands et l'effort détection est faible et l'effort détection est faible [5].

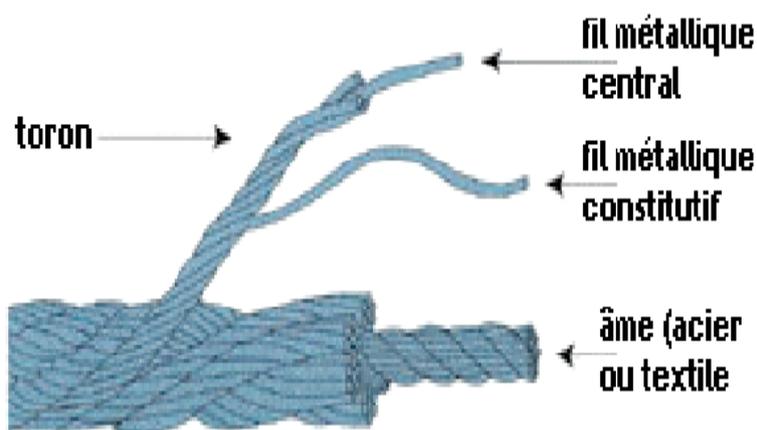


Fig. II.17 Câble métallique

II.5.6.7 Moteur de direction :

Les moteurs les plus utilisés dans les ponts roulants industriels sont des moteurs asynchrones triphasés.

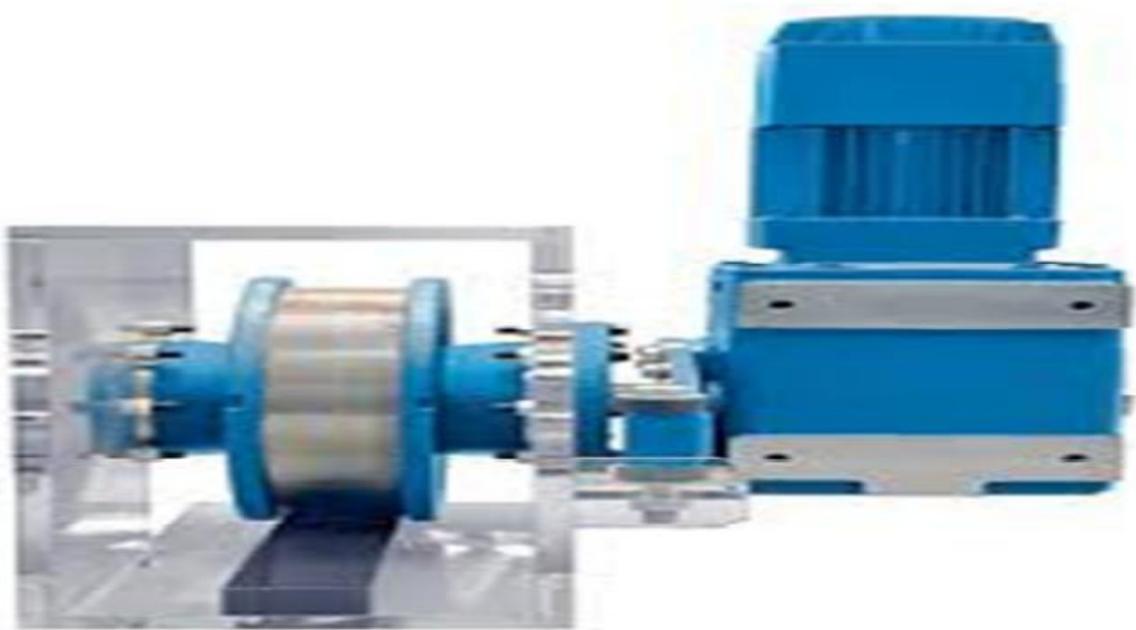


Fig.II.18Type de moteur utilisé dans les ponts roulants.

II.6 Installation d'un pont roulant :

Un pont roulant se monte en général élément par élément. Quel que soit cependant le modèle choisi, le pont, dit poutre, se constitue toujours en premier. Dans le cas d'un modèle simple poutre, par exemple, le pont est formé par un longeron métallique de dimensions dépendant de la capacité de levage de la structure. Le sommier, avec ses galets et son groupe d'entraînement, viendra par la suite se fixer aux deux extrémités du pont. Le chariot, le mécanisme de levage et le mouflage s'assemblent plus tard pour former le bras de levage de votre pont roulant.

Afin de garantir une alimentation électrique permanente du mécanisme de levage, plusieurs profils supports et butées se fixent le long du pont pour former la guirlande de la ligne d'alimentation. Ce qui permet par la même occasion de fixer le coffret électrique de la machine. Une fois cette étape terminée, vous pouvez maintenant commencer les travaux en hauteur.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

En hauteur, le chemin de roulement doit être bien attaché à la structure porteuse puisqu'il constitue l'élément qui va supporter le poids total de votre pont et de la charge manutentionnée au moment de la mise en œuvre. Selon le fabricant, le rail peut donc être soudé, boulonné ou fixé à la structure par un dispositif de serrage. Enfin, une grue facilitera la fixation de votre pont sur ses rails de roulement.

À noter toutefois que l'installation d'un pont roulant est fortement réglementée, notamment par la norme NF EN 15011. Cette norme, applicable aussi bien aux ponts roulants qu'aux portiques, exige :

- Une étude préalable des besoins et de l'environnement de chantier avant toute mise en place d'un pont roulant
- Un examen d'adéquation entre l'appareil et vos activités
- Des vérifications minutieuses et périodiques de l'appareil, notamment en matière de sécurité.



Fig.II.19 installations pont roulant

II.7 Fonctionnement d'un pont roulant :

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.

Le pont roulant fonctionne comme une grue : le levage se fait à l'aide d'un mécanisme mobile, dont la portée maximale peut atteindre plusieurs dizaines de mètres. Contrairement à une grue, en revanche, il n'y a aucun risque de basculement de la structure puisque le pont est établi sur deux rails qui guident la traverse durant le déplacement de la charge. Ces rails peuvent par ailleurs être posés sur des colonnes maçonnées du bâtiment ou suspendus sous la charpente de celui-ci. Ce qui permet notamment d'adapter l'appareil en fonction de la

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

disposition du bâtiment, bien que la capacité de levage du mécanisme varie d'un modèle à un autre.

Si les rails servent donc de guide pour le pont, ce dernier, lui, supporte le chariot suspendu qu'on a équipé d'un mécanisme de levage, l'élément qui permet de lever ou de déposer la charge. De nombreux ponts roulants utilisent ainsi des treuils comme appareil de levage alors que d'autres exploitent un palan à câble. Chacun des deux systèmes offre cependant des avantages qui leur sont propres.

Pour faciliter la mise en œuvre de l'appareil, la boîte de commande du système permet à l'opérateur d'actionner les composants électriques de la machine. Il s'agit notamment :

- Du variateur de fréquence pour les groupes d'entraînements
- De l'affichage de charge
- Des boîtes à boutons-poussoirs
- Du moto électrique

Sur certains modèles, la translation direction pont roulant sur les rails de roulement se fait manuellement. On les appelle également pont roulant manuel, par opposition au pont roulant motorisé.

Les ponts roulants sont utilisés pour la manutention dans les parcs a matières premières, a produit finis (parcs a fers) dans les gros halls de stockage (déchargements de péniches ou de wagons, rechargements de camion). Ils peuvent être équipés pour les manutentions particulières, de pinces, de godets, de grappins, d'électro-aimants. Ils fonctionnent à l'énergie électrique.

II.8 Principe de mouvement :

Tel que le montre le croquis de la fig.II.20, Les différents mouvements d'un pont roulant ; levage, direction, translation, orientation ; sont assurés par les mécanismes décrits ci-après [7] :

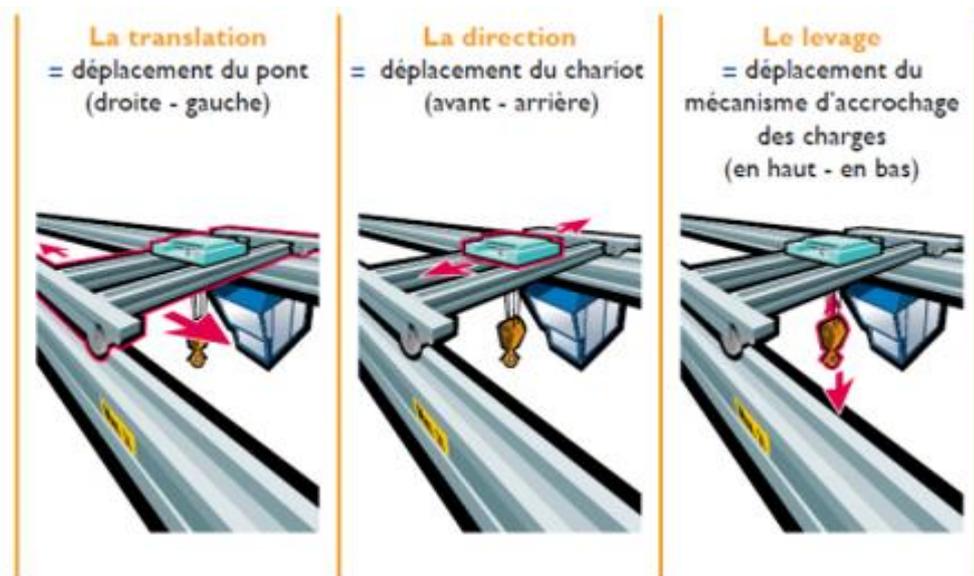


Fig.II.20 : Principaux mouvements d'un pont roulant.

- **Levage** : Le mécanisme de levage assure la montée et la descente de la charge ; il est essentiellement constitué d'un moteur, d'un frein, éventuellement d'un frein de sécurité, d'un réducteur, d'un tambour pour l'enroulement du câble de levage ou, lorsqu'il s'agit d'un palan à chaîne, d'une noix ou pignon à chaîne pour l'entraînement de celle-ci. Il est désigné par l'un des deux termes suivants :

- « palan », lorsque ses éléments constitutifs forment un ensemble compact. Il est utilisé notamment sur les poutres roulantes, les ponts et les portiques.

- « treuil de levage », lorsque ses éléments constitutifs sont distincts. Il est utilisé principalement sur les appareils bipoutres.

- **Direction** : Le mécanisme de direction assure le déplacement du/des chariots porte palan, ou du/des chariots porte-treuil perpendiculairement au sens de déplacement du pont.

- **Translation** : Le mécanisme de translation assure le mouvement du pont roulant sur les chemins de roulement. Ce mouvement est assuré :

- Soit par un moteur commandant un arbre de transmission relié aux galets de roulement.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

-Soit par deux ou quatre moteurs synchronisés entraînant chacun un galet de roulement.

Ces trois mouvements selon trois axes orthogonaux permettent au crochet ou à l'organe de préhension de desservir n'importe quel point du volume défini par le débattement maximal des différents mouvements. Pour obtenir certaines trajectoires de la charge, on est parfois conduit à ajouter un degré de liberté supplémentaire : l'orientation.

II.9 Domaines d'application :

Les appareils doivent être installés dans un local couvert.

Protégez les appareils installés en extérieur contre les intempéries (pluie, neige, grêle, soleil, poussière, etc.). Nous vous recommandons d'installer un capot de protection. Dans un environnement humide avec de fortes variations de température, la formation de condensation peut nuire au bon fonctionnement du moteur et du frein. Température ambiante : de -20°C à +40°C. Humidité de l'air : jusqu'à 100 % ou moins, mais jamais directement sous l'eau [8].

II.10 Mesures de sécurité de base :

- Lire les consignes de montage, d'utilisation et d'entretien.
- Tenir compte des avertissements sur les appareils et dans la notice.
- Respecter les distances de sécurité.
- Assurer une bonne visibilité des travaux lors de l'utilisation de l'appareil.
- Les appareils doivent être utilisés uniquement de façon appropriée.
- Les appareils ne servent qu'à la manutention de charges et en aucun cas au transport de personnes.
- Ne jamais charger l'appareil au-delà de la limite autorisée.
- Après une période prolongée de non-utilisation de l'appareil, vérifier visuellement les composants principaux tels que chaîne, crochet de charge, etc.
- En cas de dysfonctionnement, interrompre immédiatement les travaux et éliminer le problème.
- Prévenir les personnes à proximité lors de l'utilisation de l'appareil.
- Le corps de l'appareil doit pouvoir pendre librement lorsqu'il est en charge.

II.11 Les avantages :

4) Avantages de la conception posée mono poutre :

- Encombres réduits.
- Rapidité et optimisation de la fabrication.
- Permet d'adapter plus facilement une plate-forme de maintenance.
- La construction caisson (profilé HE) permet de réduire le poids du pont et ainsi de réduire les sollicitations structure porteuse.

5) Avantages de la conception suspendue mono poutre :

- S'adapte dans les bâtiments dont les chemins de roulement peuvent être suspendus sous charpente.
- Permet une meilleure utilisation de la surface au sol.
- La version profilée offre la possibilité de transfert de charge entre ponts roulants ou vers une voie monorail.
- La version caisson permet de proposer des capacités et des portées plus importantes que les constructions traditionnelles. De plus ce type de construction permet de réduire le poids du pont et ainsi de réduire les sollicitations sur la structure porteuse.

6) Avantages de la conception bipoutre :

- Meilleure hauteur de levée et meilleure stabilité.
- Autorise une portée et une charge plus importante.
- Possibilité d'utiliser des palans combinés pour un levage auxiliaire sur un même chariot.
- Possibilité d'utiliser des sommiers boggies (8 galets de roulements) pour une meilleure répartition des charges sur les rails de roulement (optimisation de la structure) et réduire le gabarit et le poids du pont roulant.
- Permet d'adapter plus facilement une passerelle de maintenance.

II.12 Conclusion :

Notre objectif dans ce chapitre était d'introduire la structure des ponts roulants et de montrer les avantages de chaque une, présente les historiques puis les différents types et les classifiez selon les besoins ainsi les composants d'un pont roulant.

Chapitre. III



Calcul et dimensionnement des éléments d'un pont roulant.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

III.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous aborderons le calcul des mécanismes de levage et de direction. Ce calcul permet de dimensionner ces éléments importants des ponts roulants.

CAHIER DES CHARGES

Dans le but de mettre en application les connaissances théoriques reçues lors des différents cours de technologie de construction et plus particulièrement celui portant sur les appareils de levage et de manutention, il nous est demandé de concevoir un pont roulant électrique d'une capacité de charge de 2.5 tonnes pour le magasin de tôlerie de l'atelier GICA qui comporte un poste de sciage. De ce projet, il représente un pont capable de soulever et de transporter les produits dans l'usine pour faciliter le processus de transport sur les dimensions limitées et les mettre dans les endroits requis. Le pont roulant en projet va donc permettre de soulager un peu la force humaine puisque ce dernier sera entièrement électrique du levage de la charge jusqu'au mécanisme de translation du pont et de direction du chariot.

Dimensions de l'atelier :

Longueur : 30260 mm

Largeur : 20130 mm

Hauteur la plus basse :
6000mm

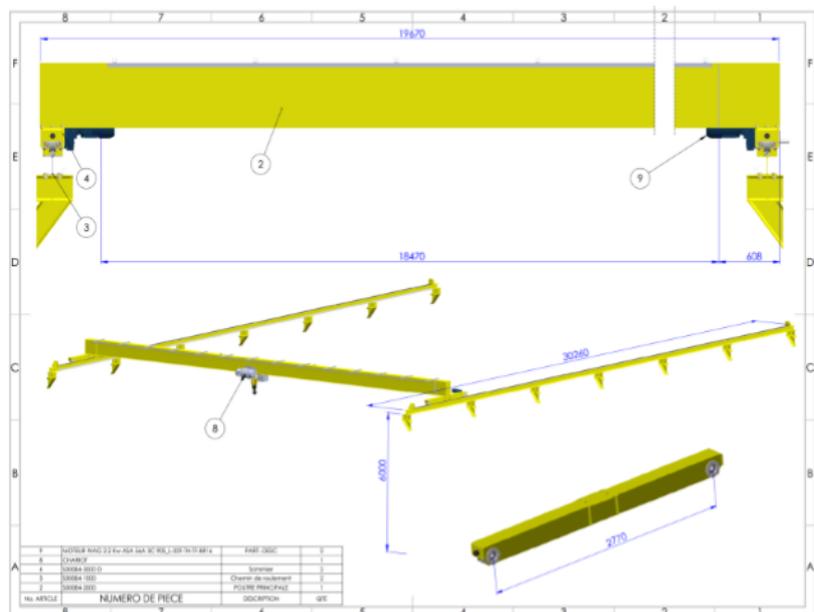


Fig.III.1 dimensions de l'atelier

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

Matière choisie :

S 235 JR :

S : acier de construction

235 : résistance élastique de l'acier en méga Pascal MPa

JR : énergie de rupture

<i>symboles principaux</i>			
symbole	désignation	symbole	désignation
G	précède la nuance de l'acier s'il s'agit d'une pièce moulée	R	aciers pour ou sous forme de rail
S	aciers de construction	H	aciers à haute résistance pour emboutissage
P	aciers pour appareil à pression	D	produits plats pour formage à froid (sauf cités en H)
L	aciers pour tubes de conduite	T	aciers pour emballage (fer noir, fer blanc ou chromé)
E	aciers de construction mécanique	M	aciers magnétiques
B	aciers à béton		
Y	aciers pour béton précontraint		

<i>symboles additionnels</i>			
énergie de rupture (J)			température d'essai (°C)
27	40	50	
JR	KR	LR	20
JO	KO	LO	0
J2	K2	L2	-20
J3	K3	L3	-30
J4	K4	L4	-40
J5	K5	L5	-50
J6	K6	L6	-60

Désignation symbolique	Désignation numérique	Désignation antérieure
S 185	10035	A33
S 235	10037	E24
S 275	10044	E28
S 355	10045	E36
E 295	10050	A50
E 335	10060	A60
E 360	10070	A70

Module d'élasticité	2.1X10⁷ N/cm²
Limite d'élasticité	235 N/mm²
Limite de traction	360 N/mm²
Coeff.de dilatation thermique	1.1X10⁻⁵
Coefficient de sécurité	02

Tableaux III.1 les caractéristiques de matière.

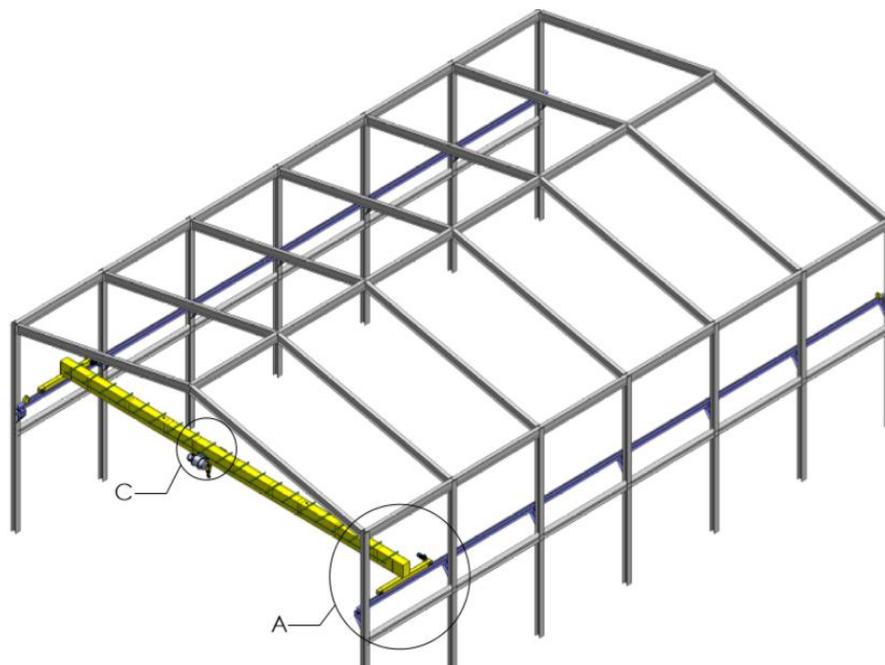
Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

Spécifications techniques :

- Capacité : 2,5t
- Portée : 20 m
- Valeur maximale de la charge à manutentionner P_0 : 2500kg
- Vitesse de levage : $GV = 5$ m/min
- Vitesse de translation du pont : $V_p = 25$ m/min
- Vitesse de translation du chariot sur le pont : $V_c = 25$ m/min
- Course du pont : 25 m
- Type de pont : mono poutre posée.
- Alimentation : 380 v / 50Hz

Autres données relatives au pont en projet (voir les annexe-01) :

- Classification : Groupe 3 B1.
- Classe d'utilisation B : utilisation régulière en service intermittent.
- Régime de fonctionnement M.
- Flèche admissible : 1/750



ETUDE DE PONT ROULANT :

Nous allons dans ce chapitre procéder au dimensionnement des différentes structures de pont roulant. Il s'agit entre autres de la poutre principale, des sommiers, et poteaux sous poutres de roulement.

III.2 Dimensionnement de la poutre principale :

La poutre principale du pont travaille à la flexion sous l'effet des efforts verticaux dus notamment à la charge, au poids propre de la poutre, au poids du chariot et sous l'effet des efforts horizontaux dus aux forces d'inertie au démarrage et au freinage, les efforts dus au vent n'étant pas pris en considération du fait que l'appareil sera installé dans l'atelier à l'abris du vent.

Cependant dans le cas de notre projet il s'agira d'un pont mono poutre c'est-à-dire avec une seule poutre principale.

Hauteur : 616 mm

Largeur : 420 mm

Moments d'inertie : $90907,136 \text{ cm}^4$ (par rapport à l'axe horizontal) et $2655259,52 \text{ cm}^4$ (par rapport à l'axe vertical).

Modules d'inertie : 11560 cm^3 (par rapport à l'axe horizontal) et 20400 cm^3 (par rapport à l'axe vertical).

Section : 204000 mm^2

Longueur : 20000 mm

Poids propre de la poutre principal P_p : 2820 kg

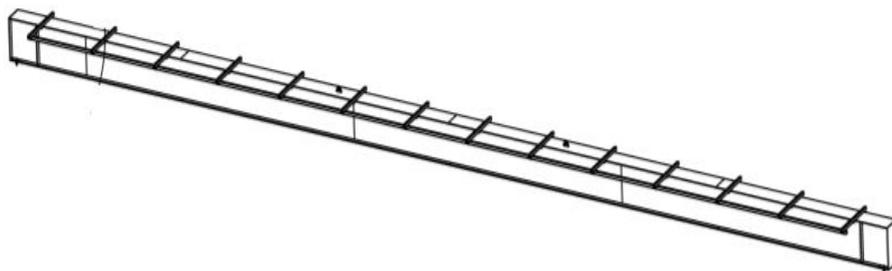


Fig.III.2 la poutre principale.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

III.2.1 Vérification de la poutre principale à la résistance aux efforts verticaux :

Comme indiqué précédemment, la poutre principale travaille à la flexion sous l'effet des efforts verticaux qui feront l'objet de ce paragraphe. Les efforts verticaux sont constitués des efforts dus à la charge roulante (chariot + charge) et des efforts dus au poids propre de la poutre. La capacité de charge du pont roulant qui est en projet étant de plus de 2,5 tonnes, la masse du chariot (~320Kg).

III.2.1.1 Détermination du moment fléchissant :

III.2.1.1.1 Moment fléchissant dû à la charge roulante :

Nous supposons que les deux galets du chariot sont aussi chargés et que le chariot se Déplace de gauche vers la droite. Nous allons procéder à la détermination du moment Fléchissant au droit du galet G1.

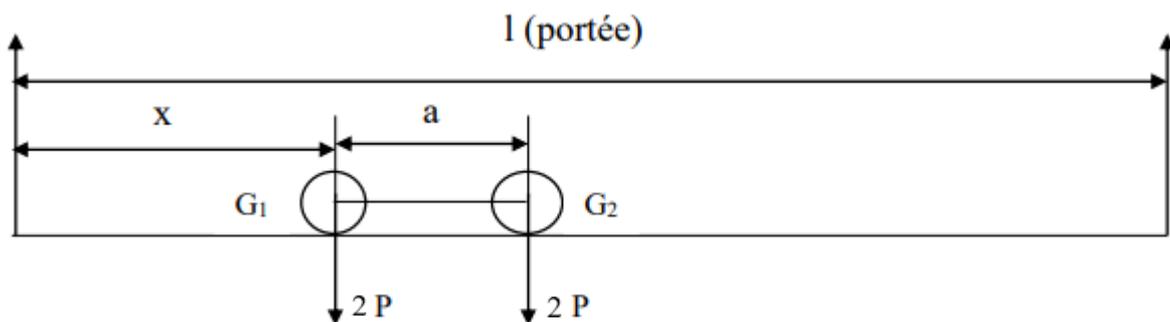


Fig.III.3 Forces exercé par le chariot sur la poutre principale.

Réaction en A, à l'appui :

$$2P = \frac{\text{charge} + \text{chariot}}{2}$$

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

$$P = \frac{\text{charge} + \text{chariot}}{4}$$

Avec :

Poids de chariot= 320 kg

La maximale à soulever étant de 2500 Kg on a :

AN :

$$P = \frac{24525 + 3139.2}{4} = 6916,05\text{N}$$

$$P = 6,91605 \text{ KN}$$

On a :

$$\sum \text{MB} = 0 \Rightarrow \text{RA}l - 2P(l - x) - 2P(l - x - a) = 0$$

Ce qui implique que :

$$\text{RA} = \frac{2P}{l} (2l - 2x - a)$$

Le moment fléchissant est donc :

$$\text{MfG1} = \text{RA}x = \frac{2P}{l} (2lx - 2x^2 - ax)$$

Ce moment est maximal lorsque :

$$\frac{d\text{MfG1}}{dx} = 0$$

Ceci implique que :

$$(2P/l) (2lx - 2x^2 - ax)/dx = 0$$

$$\frac{2P}{l} (2l - 4x - a) = 0$$

$$x = \frac{l}{2} - \frac{a}{4}$$

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

Avec $a=919$ mm :

AN :

$$x = \frac{20000}{2} - \frac{919}{4}$$
$$x = 9770,25\text{mm}$$

En ce point ($x = 9770,25$ mm), le moment maximal vaut :

$$M_{fG1} = \frac{2P}{l} (2lx - 2x^2 - ax)$$
$$M_{fG1} = \frac{2 \times 6916,05}{20000} (2 \times 20000 \times 9770,25 - 2 \times 9770,25^2 - 919 \times 9770,25)$$

$$M_{fG1\text{max}} = 132038163 \text{ Nmm}$$

$$M_{fG1\text{max}} = 132038,163 \text{ KNmm}$$

A N de La Réaction en A :

$$R_A = \frac{2P}{l} (2l - 2x - a)$$
$$R_A = \frac{2 \times 6916,05}{20000} (2 \times 20000 - 2 \times 9770,25 - 919)$$

$$R_A = 13514,31\text{N}$$

$$R_A = 13,51431 \text{ KN}$$

III.2.1.1.2 Moment fléchissant dû au poids propre de la poutre :

La poutre principale a une masse au mètre de 2820 Kg. Sa longueur totale étant de 20 m,

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

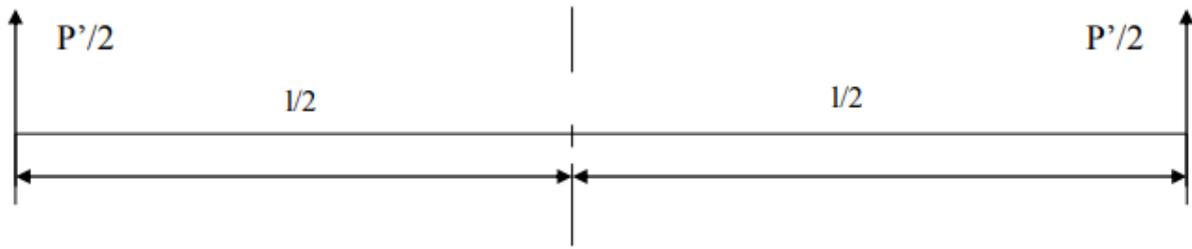


Fig.III.4 Répartition des charges dues au poids sur la poutre principale.

La poutre est uniformément chargée. Le moment fléchissant est donc maximal au milieu de la poutre où elle prend la valeur :

$$M_{fPpmax} = \frac{P_p \times l}{8}$$

Avec :

$$P_p = 27664,2\text{N}$$

$$l = 20000\text{mm}$$

AN :

$$M_{fPpmax} = \frac{27664,2 \times 20000}{8}$$

$$M_{fPpmax} = 69160500 \text{ N mm}$$

$$M_{fPpmax} = 69160,5 \text{ KN mm}$$

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

III.2.1.2 Détermination de la contrainte maximale dans la poutre principale :

III.2.1.2.1 Contrainte due à la charge roulante :

Elle est donnée par :

$$\sigma_{1\max} = \frac{MfG_{1\max}}{I/y}$$

Le module de section de la poutrelle choisie comme poutre principale est ^[11] :

$$\frac{I}{y} = \frac{90907,136}{30,8}$$

AN :

$$\frac{I}{y} = 2951,53 \text{ cm}^3$$

AN :

$$\sigma_{1\max} = \frac{13203816,3}{2951,53}$$

$$\sigma_{1\max} = 4473,55 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_{1\max} = 44,74 \text{ N/mm}^2$$

III.2.1.2.2 Contrainte due au poids propre de la poutre :

La contrainte due au poids propre de la poutre principale est donnée par :

$$\sigma_{2\max} = \frac{MfP_{p\max}}{I/y}$$

AN :

$$\sigma_{2\max} = \frac{6916050}{2951,53}$$

$$\sigma_{2\max} = 2343,21 \text{ N/cm}^2$$

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

$$\sigma_{2\max} = 23,43\text{N/mm}^2$$

La contrainte maximale totale dans la poutre principale est :

$$\sigma_{t\max} = \sigma_{1\max} + \sigma_{2\max}$$

AN :

$$\sigma_{t\max} = 44,74 + 23,43$$

$$\sigma_{t\max} = 68,17\text{N/mm}^2$$

La contrainte de sécurité pour des ponts devant assurer un service normal comme c'est le cas du pont de ce projet est évaluée à $117,5 \text{ N/mm}^2$. Donc la contrainte totale maximale s'exerçant sur la poutre est admissible. Avant toute conclusion sur la convenance ou non de la poutrelle comme poutre principale, nous allons procéder à la vérification de la flèche.

III.2.2 Vérification de la flèche de la poutre principale ^[12] :

On admettra au cours de cette vérification que la charge roulante est au milieu de la poutre ce qui correspond au cas le plus défavorable. La flèche due à la charge roulante est (voir annexe -02) :

$$f_1 = \frac{Ql^3}{24EI} \times \left(\frac{3x}{l} - \frac{4x^3}{l^3} \right)$$

Avec :

$$Q = 2P = 6916,05 \times 2 = 13832,1\text{N}$$

$$l = 2000 \text{ cm}$$

$$E = 2,1 \times 10^7 \text{ N/cm}^2 \text{ (acier 235)}$$

$$I = 2655259,52$$

$$X = 9540,5\text{mm}$$

AN :

$$f_1 = \frac{13832,1 \times (2000)^3}{24 \times 2,1 \times 10^7 \times 2655259,52} \times \left(\frac{3 \times 9540,5}{2000} - \frac{4 \times 9540,5^3}{2000^3} \right)$$

$$f_1 = 0,1\text{cm}$$

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

La flèche due au poids propre de la poutre est :

$$f_2 = \frac{5}{384} \times \frac{P_p l^3}{EI}$$

AN :

$$f_2 = \frac{5}{384} \times \frac{2820 \times 9,81(2000)^3}{2,1 \times 10^7 \times 2655259,52}$$

$$\mathbf{f_2 = 0,05cm}$$

La flèche totale de la poutre est :

$$f = f_1 + f_2$$

AN :

$$f = 0,1 + 0,05$$

$$\mathbf{f = 0,15cm}$$

$$\mathbf{f = 1,5 mm}$$

La flèche maximale $l/750$ c'est-à-dire 26.66 mm la flèche de la poutre principale est donc admissible.

$$f = 1,5 \leq f_{\max} = 26,66$$

En conclusion, au vu de tous ces résultats obtenus après calcul de la contrainte maximale et de la flèche auxquelles est soumise la poutre, nous disons que la poutrelle choisie comme poutre principale résiste bel et bien aux efforts verticaux. Autrement dit cette poutrelle convient dans le rôle de la poutre principale.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

III.2.3 Résistance aux efforts horizontaux :

Les efforts horizontaux concernent plus généralement les efforts dus au vent et ceux d'inertie au démarrage et au freinage. Les efforts dus au vent ne seront pas pris en compte car le pont est installé en atelier et donc est à l'abri des effets du vent. La capacité de charge du pont étant relativement moins importante, les efforts horizontaux développés au démarrage et au freinage sont également moins importants. De ce fait ces efforts horizontaux seront considérés comme négligeables devant ceux verticaux.

III.3 Détermination des sommiers :

III.3.1 Moment fléchissant dans les sommiers :

Afin de déterminer la contrainte naissant dans les poutres du sommier, nous allons nous mettre dans le cas le plus défavorable c'est – à – dire lorsque le chariot est dans sa position extrême représentée sur la figure suivante :

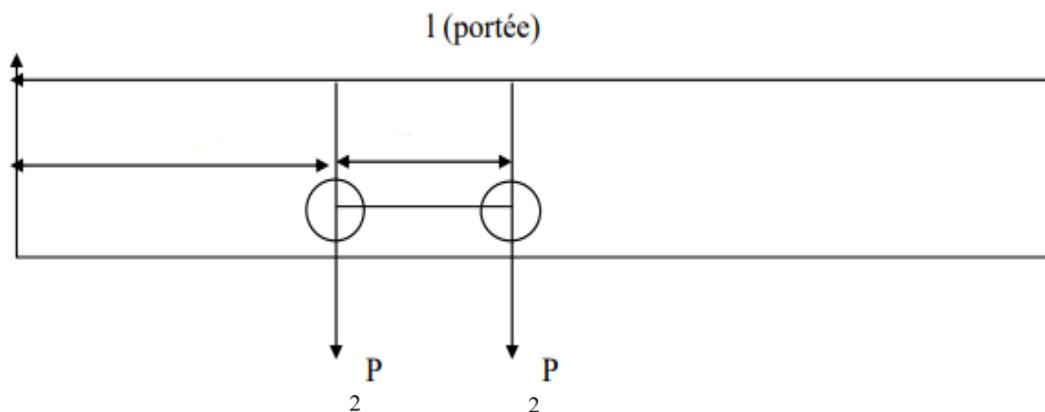


Fig.III.5 Position extrême du chariot sur la poutre principale.

III.3.1.1 Matériaux des colonnes de guidages (les rails) :

Ils sont en acier inoxydable au Nickel-Chrome X48CrNi13. Le chromage assure une grande protection contre l'attaque chimique (corrosion) et l'usure. 3.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

III.3.1.2 Matériaux des galets :

Le galet de la marque est fabriqué à partir de La fonte sphéroïdale haute qualité EN-GJS-700(Désignation EN), GGG 70(Désignation DIN) avec les caractéristiques mécaniques et technologiques suivants :

numéro des matériaux	EN-JS1030	EN-JS1050	EN-JS1060	EN-JS1070
dénomination	EN-GJS-400-15	EN-GJS-500-7	EN-GJS-600-3	EN-GJS-700-2
ancienne norme DIN 1693	GGG 40	GGG 50	GGG 60	GGG 70
résistance à la traction R_m N/mm ²	400	500	600	700
limite d'élasticité 0,2% $R_{p0.2}$ N/mm ²	250	320	370	420
allongement A %	15	7	3	2
dureté Brinell HB 30 —	135-170	150-170	200-250	220-280
module d'élasticité E kN/mm ²	165 - 175			
usinabilité	très bonne	bonne	bonne	Moyenne
résistance à l'usure	faible	bonne	bonne	Très bonne
soudabilité	soudabilité réduite, électrodes spéciales conseillées			

Tableau III.2 Les caractéristiques du matériau des galets.

III.3.1.3 Vérification des galets du chariot :

Conditions de calcul :

- 4 galets, 1 galet entraîné.
- Centre de gravité du chariot au milieu du chariot
- Poids du chariot : 320kg
- 4 galets donc pour un galet $P_{max} = \frac{2500+320}{4}$

$$P_{max} = 705\text{kg}$$

D'où d'après le tableau de sélection du diamètre du galet on a $D=125\text{mm}$

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

Type d'ensemble galet	Charge statique max. permissible au galet kg
125	5000
160	7000
200	10000
250	16000
315	22000
400	30000

Tableau III.3 Choix du diamètre du galet.

Calcul de vérification :

Les vérifications suivantes sont incontournables pour le dimensionnement des galets des ponts roulants :

- Vérifier que le galet va résister au chargement maximal auquel il sera objet.
- vérifier que le galet va permettre à l'appareil d'effectuer son service normal sans usure anormale. Ces deux vérifications sont assurées par les deux équations suivantes :

$$\frac{P_{max}}{b \times D} \leq 1,9 \times Pl \quad (1)$$

$$\frac{P_{mean}}{b \times D} \leq C1 \times C2 \times Pl \quad (2)$$

- D : Le diamètre du galet de roulement (mm)
- b : Largeurs utile du rail (mm) $b = l - 2r$
- r : Rayon d'arrondi extérieur du champignon du rail, en mm
- l : Largeur du champignon du rail, en mm
- Pl : Pression limite fonction du matériau du galet et du rail, en MPa
- $C1$: Coefficient fonction de la vitesse de translation et le diamètre du galet
- $C2$: Coefficient fonction du groupe du mécanisme de translation du pont
- P_{max} : Charge maxi au galet : $705\text{kg} = 6916,05\text{N}$

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

$$P_{\text{mean}} = \frac{P_{\text{statmin}} + 2P_{\text{statmax}}}{3}$$

- P_{statmin} = charge statique minimale au galet
- P_{statmax} = charge statique maximale au galet

On prend $P_{\text{statmin}} = P_{\text{statmax}} = P_{\text{max}}$

Le galet qui existe actuellement est fabriqué à partir de de La fonte sphéroïdale haute qualité ENGJS-700(Désignation EN), GGG 70(Désignation DIN) de limite de résistance en traction 700Mpa.

Résistance à la traction du métal du galet de roulement (MPa)	P_L (MPa)	Résistance minimale de l'acier du rail (MPa)
$f_u > 500$	5,00	350
$f_u > 600$	5,60	350
$f_u > 700$	6,50	510
$f_u > 800$	7,20	510
$f_u > 900$	7,80	600
$f_u > 1000$	8,50	700

Tableau III.4 Détermination de la pression limite sur le rail.

Le tableau suivant nous donne la valeur de la résistance à la traction du rail $f_u > 700$ MPa :

- Résistance minimale de l'acier du rail = 510 MPa.
- Pression limite $PL=6,5$ MPa.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

III.3.1.4 Choix du rail de roulement et détermination de la largeur utile b :

Le rail utilisé est de type KSN 40.30 (rail de section rectangulaire de longueur 40mm et de largeur 30 mm). Je vais essayer de vérifier ce type des raille dans la partie de dimensionnement de la poutre du chemin de roulement avec le profilé.

CARACTÉRISTIQUES DES VOIES DE ROULEMENT ET LARGEUR DE CONTACT UTILE MAXIMUM:

Rail de roulement en laminé cadre UNI 6013 - DIN 1013
Rail de roulement en laminé plat UNI 6014 - DIN 1017

Rail de roulement type Burbak - DIN 536

Rail de roulement type Vignole - UNI 3141

CARACTÉRISTIQUES DU GALET			RAIL DE ROULEMENT				TYPOLOGIE DU RAIL DE ROULEMENT DE ROULEMENT ET BANDE UTILE DE CONTACT MAXIMUM - b (mm)							
TYPE Ø Ø R (mm)	RÉACTION MAX. RX. MAX. (kg)	LARGEUR GORGE (mm)		LARGEUR b (mm)		h (mm)	LAMINÉ CADRE UNI 6013 - DIN 1013 LAMINÉ PLAT UNI 6014 - DIN 1017		BURBAK - DIN 536			VIGNOLE - UNI 3141		
		TYPE	b1	MAX.	MIN.		l	b = l - 2r	TYPE	l	b = l - 2r	TYPE	l	b = l - 4/2r
125	3.670 36 kN	standard	50	40	35	30	40	38	=	=	=	=	=	=
		Max.	60	50	45	30	50	48	A 45	45	37	21 - 27	50	34
		spécial	70	60	55	30	60	58	A 55	55	45	36	60	44
160	4.893 48 kN	standard	55	45	40	30	40	38	A 45	45	37	=	=	=
		Max.	65	55	50	30	50	48	A 55	55	45	21 - 27	50	34
		spécial	80	70	65	30	70	68	A 65	65	53	46	65	46
200	7.340 72 kN	standard	60	50	45	30	50	48	A 45	45	37	21 - 27	50	34
		Max.	70	60	55	30	60	58	A 55	55	45	30	56	40
		spécial	90	80	75	30	80	78	A 75	75	59	60	72 ⁰⁰	55

Tableau III.5 Choix du rail.

Pour le rail KSN 40.30 ; $b=l-2r=38\text{mm}$

a) Détermination des coefficients C1 et C2 :

- Détermination du coefficient C1 :

Selon le cahier de charge, Le pont fonctionne avec une vitesse de direction de 20m/min. Le tableau ci-dessous donne le coefficient C1 en fonction du diamètre de galet et de la vitesse.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

Galet	Valeurs de c_1 en fonction de la vitesse de déplacement [m/min]										
Diamètre [mm]	10	12.5	16	20	25	32	40	50	63	80	100
125	1,03	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86	0,82	0,77	0,72	0,65	0,60
160	1,06	1,04	1,00	0,97	0,94	0,90	0,86	0,82	0,78	0,72	0,66
200	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86	0,82	0,77	0,72
250	1,11	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86	0,82	0,78
315	1,13	1,11	1,09	1,06	1,04	1,00	0,97	0,94	0,90	0,86	0,82
400	1,14	1,13	1,11	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,86

Tableau III.6 Détermination du coefficient C1

Le pont roulant fonctionnera avec une vitesse linéaire de 20m/min, pour un diamètre du galet de 125 mm, donc d'après le tableau, $C1=0,93$

- Détermination du coefficient C2 :

Le coefficient c_2 dépend de la classification de groupe du mécanisme et est donné dans le tableau ci-dessous.

Classification en groupe de mécanisme	C_2
M_1 et M_2	1,25
M_3 et M_4	1,12
M_5	1,00
M_6	0,90
M_7 et M_8	0,80

Tableau III.7 Choix du coefficient C2

Le tableau donne une valeur de C_2 correspond à $C_2=1$ car le mécanisme de type M_5 suivant la norme ISO.

b) Vérification des deux conditions :

- Première condition La première condition exige la vérification de la condition suivante :

$$\frac{P_{max}}{b \times D} \leq 1,9 \times P_1$$

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

$P_{max}=6916,05N$; $Pl=6,5Mpa$; $b=38\text{ mm}$

Tout calcul fait, on trouve que le diamètre minimal du galet doit vérifier la condition $D_{min} \geq 14,74\text{ mm}$ Ce qui est bien le cas pour notre galet avec un diamètre de 125mm.

- Deuxième condition :

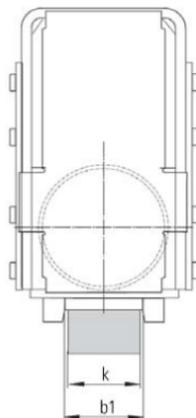
$$\frac{P_{mean}}{b \times D} \leq C_1 \times C_2 \times Pl$$

$P_{mean}=P_{max}=6916,05N$

L'application numérique donne une valeur de diamètre correspond à $D_{min}=30,11\text{ mm}$ donc la condition est vérifiée.

III.3.1.5 Détermination de la rainure de galet 125 qui correspondant au type du rail KSN 40.30 :

Largeurs des rainures de galet



Type	b1	k
125	50	40
	60	50
160	52	40
	62	50
	72	60
200	54	40-45
	64	50-55
	74	60-65
250	54	40-45
	64	50-55
	74	60-65
	84	70-75
315	64	50-55
	74	60-65
	84	70-75
	94	80-85
400	75	60-65
	85	70-75
	95	80-85
	115	100

Tableau III.8 Rainure du galet

D'après le tableau normalisé des rainures des galets, pour un rail de 40 mm de largeur, la rainure la plus adapté est celle de 50mm^[10].

III.3.1.6 Détermination de la réaction sur les poutres des sommiers :

La charge que supporte la poutre est maximale lorsque le chariot se trouve dans sa position extrême, droite ou gauche. C'est la réaction RA .

On a :

$$P = \frac{\text{Chariot} + \text{Charge}}{4}$$

AN :

$$P = \frac{(2500 + 320) \times 9,81}{4}$$

$$P = 6916.05 \text{ N}$$

Réaction en A :

$$\sum MB = 0 \Rightarrow RA l - 2P(l - x) - 2P(l - x - a) = 0$$

Ce qui implique que :

$$RA = \frac{2P}{l} (2l - 2x - a)$$

Avec :

$x = 1500$ mm la distance entre le sommier et chariot.

AN :

$$RA = \frac{2 \times 6916.05}{20000} (2 \times 20000 - 2 \times 1500 - 919)$$

$$RA = 24953,8 \text{ N}$$

$$RA = 24,9538 \text{ KN}$$

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

III.3.1.7 Ecartement e des galets :

D'après le dessin technique diamètre de galet égale 125 donc écartement $e=2400$ mm de galet de sommier (voir annexe-03) :

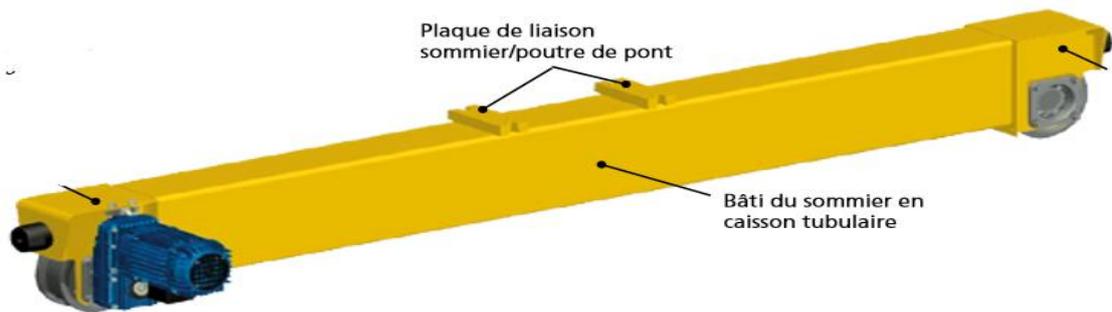


Fig.III.6 présentations sommier

Moment fléchissant :

$$M_{fmax} = RA \frac{e}{2}$$

$$M_{fmax} = 24953,8 \times \frac{2400}{2}$$

$$\begin{aligned} M_{fmax} &= 29944560 \text{ N mm} \\ M_{fmax} &= 29944,560 \text{ kN mm} \end{aligned}$$

III.3.2 Contraintes dans les poutres du sommier :

Dans le cadre de ce projet, le sommier de caractéristiques :

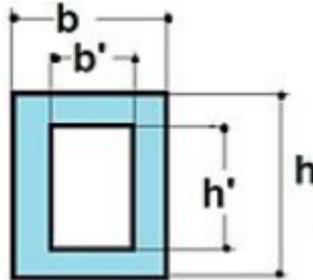
- Hauteur de l'âme : 160 mm
- Largeur de la semelle : 208 mm
- Epaisseur de l'âme : 8 mm
- Epaisseur de la semelle : 8 mm
- Poids: 180 Kg ($m_s = 180 \times 2 = 360$)/3530.39 N
- Surface : $208 \times 160 = 33280 \text{ mm}^2$

Le module d'inertie pour un profilé carré est donné par :

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

$$\frac{I}{v} = \frac{(bh^3) - (b'h'^3)}{6h}$$

b : largeur de la semelle, h : hauteur de l'âme, b' :



$$\frac{I}{v} = \frac{(208 \times 160^3) - [((208 - 8) \times (160 - 2 \times 8)^3)]}{6(160)}$$

$$\frac{I}{v} = 265386,667 \text{mm}^3$$

Les deux sommiers étant identiques, le module d'inertie de l'ensemble est :

$$\frac{I}{v} = 265386.667 \times 2$$

$$\frac{I}{v} = 530773,334 \text{mm}^3$$

Soit :

$$\frac{I}{v} = 530,773 \text{ cm}^3$$

La contrainte dans les poutres des sommiers est donc en définitive :

$$\sigma = \frac{M_{\text{max}}}{I/v}$$

$$\sigma = \frac{29944560}{530773,334}$$

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

$$\sigma = 56,42 \text{ N/mm}^2$$

La contrainte admissible égale :

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{\sigma_e}{S}$$

σ_e : la limite élastique.

S : coefficient de sécurité.

AN :

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{235}{2}$$

$$\sigma_{\text{adm}} = 117.5 \text{ N/mm}^2$$

La contrainte dans les poutres des sommiers et inférieur à la contrainte admissible :

$$\sigma \leq \sigma_{\text{adm}}$$

Donc et vérifié

III.4 Détermination des poteaux sous poutres de roulement :

Les poteaux sont des éléments verticaux de grande longueur par rapport à la section destinés à supporter des charges verticales agissant dans l'axe du poteau ; ils reposent généralement sur le sol. Sous l'action de la charge et de la réaction du sol, le poteau est sollicité à la compression avec risque de flambage par suite de sa grande longueur. En résistance des matériaux (RDM), le flambage est un phénomène d'instabilité élastique mis en évidence lorsqu'une poutre est comprimée, il se développe un moment de flexion parasite amplifié par les déformations et déplacements de la poutre chargée. Pour une poutre d'inertie constante soumise à un effort normal de compression simple, la charge critique de flambage théorique est donnée par la formule d'Euler ^[11].

(Voir annexe-04) :

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{Le^2}$$

Avec Le la longueur effective qui vaut dans le cas des poutres encastées aux deux extrémités comme dans le cas de notre projet $0.5L$ avec L la longueur de la poutre. En définitive la charge critique de flambage des poteaux sous poutre de roulement de ce projet se calcule grâce à la relation finale :

$$F_{cr} = \frac{4\pi^2 EI}{L^2}$$

Pour ce projet, nous choisissons comme poteaux sous poutre de roulement, un profilé IPE 360 (voir annexe-05) de section 72.7 cm^2 chacun et de moment quadratique 16.27 cm^4 pour chacun. Nous allons à présent déterminer la longueur du poteau afin d'éviter les instabilités élastiques. Chaque poteau supporte pour sa part une charge de :

$$F = \frac{\text{chariot} + \text{charge à déplacer} + \text{poutre principale} + \text{sommiers}}{4}$$

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

Cette charge que supporte chaque poteau (4 poteaux au total) devrait pour éviter les instabilités élastiques être inférieure à la charge critique de flambage F_{cr} .

AN :

$$F = \frac{(320 + 2500 + 2855 + 360) \times 9.81}{4}$$

$$\mathbf{F = 14800.90\ N}$$

On a donc :

$$F < F_{cr} \Rightarrow F < \frac{4\pi^2 EI}{L^2}$$

Soit :

$$L < \sqrt{\frac{4\pi^2 EI}{F}}$$

AN :

$$L_{\text{Max}} = \sqrt{\frac{4 \times \pi^2 \times 2.1 \times 10^7 \times 16.27}{14800.90}}$$

$$\mathbf{L_{\text{max}} = 954.63\text{cm}}$$

$$\mathbf{L_{\text{max}} = 9.5\text{m}}$$

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

La longueur maximale du poteau à ne pas dépasser pour éviter les instabilités élastiques est donc de 9.5m. Cependant, compte tenu des dimensions de l'atelier et des questions de sécurité des personnes, nous prendrons comme longueur des poteaux :

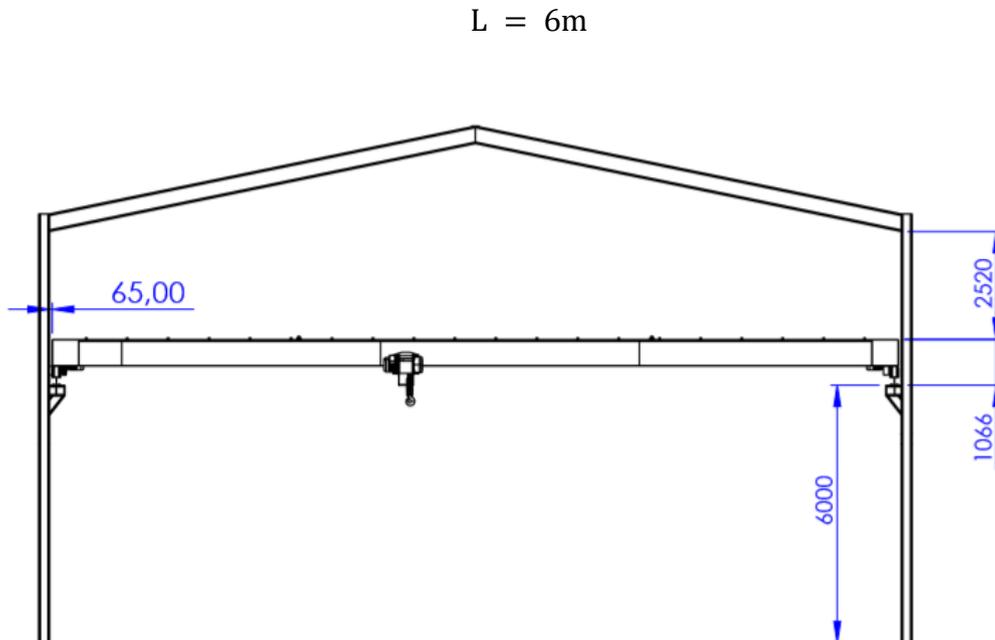


Fig.III.7 présentations poteaux hangar

Pour cette longueur de poteau, la charge critique de flambement est :

$$F_{cr} = \frac{4 \pi^2 \times 2 \times 10^7 \times 16.27}{200^2}$$

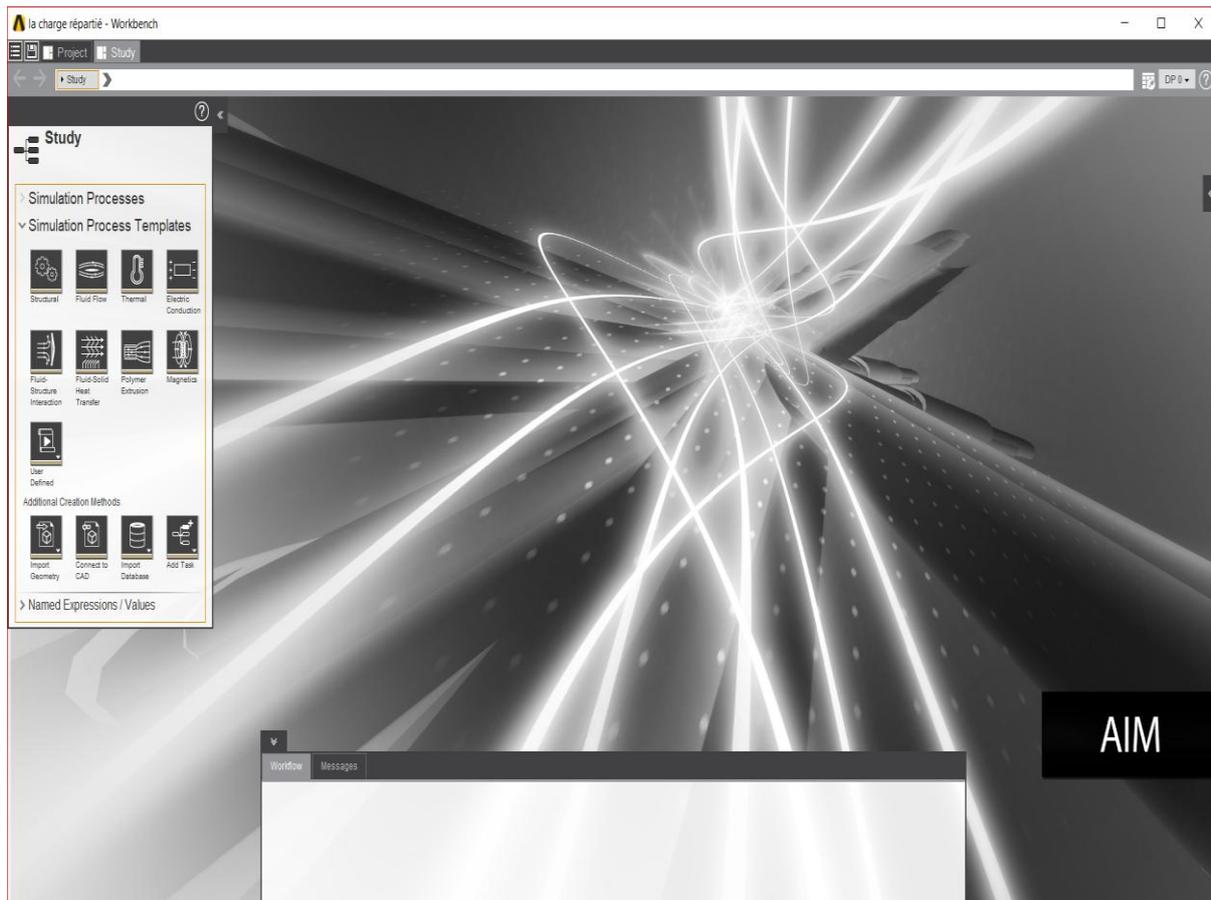
$$F_{cr} = 35684.10N$$

Cette charge est largement supérieure à la charge que supporte le poteau. Le poteau est donc bien choisi.

III.5 Conclusions :

Dans ce chapitre, nous avons fait les calculs théoriques pour le dimensionnement des du pont roulant, plus détaille on a vérifié d'abord la résistance de la poutre principale après on a fait des calculs pour déterminer le choix des galets ainsi la résistance des deux sommiers finalement on a déterminé des poteaux sous poutre de roulement.

Chapitre. IV



Simulation sur ANSYS Workbench

IV.1 Introduction :

ANSYS est un progiciel d'analyse par éléments finis largement utilisé dans l'industrie pour simuler réponse d'un système physique à une charge structurelle et effets thermiques et électromagnétiques.

ANSYS utilise la méthode des éléments finis pour résoudre les équations gouvernantes sous-jacentes et les conditions aux limites associées spécifiques au **problème**.

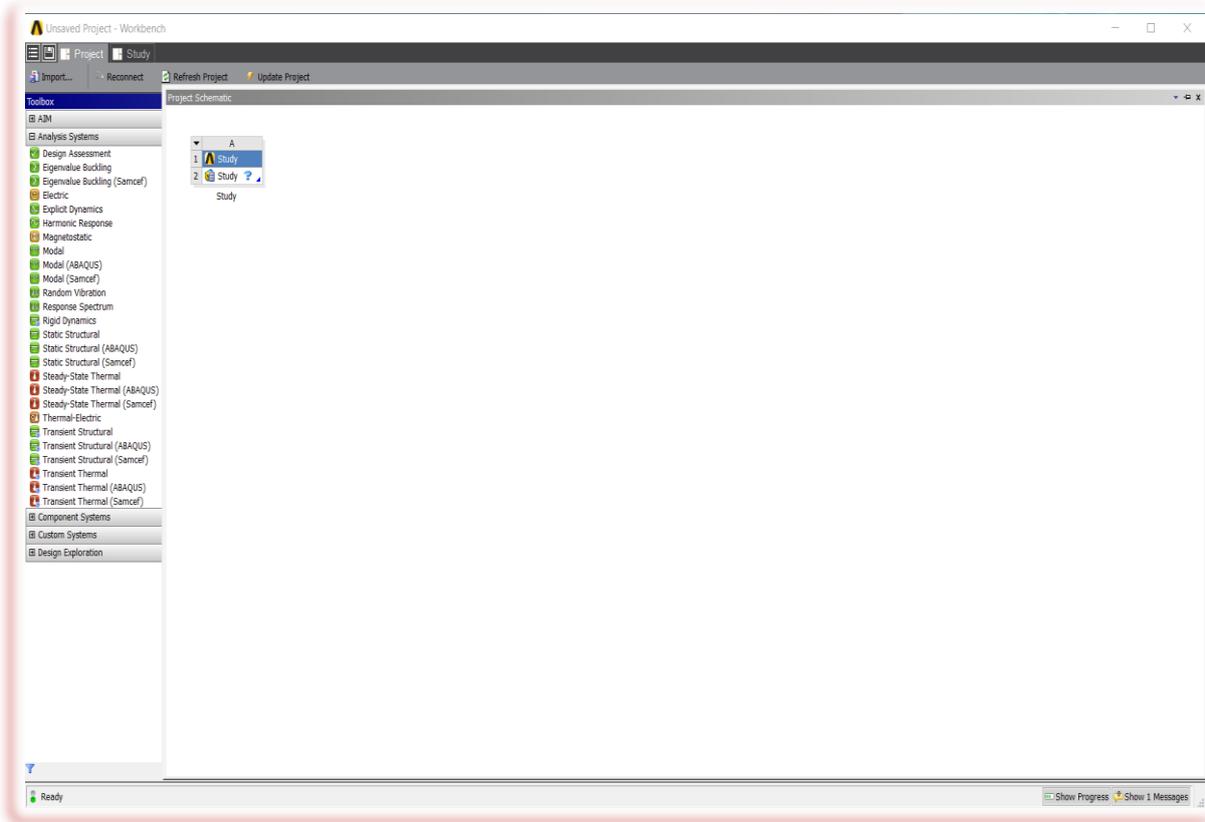


Fig. IV.1 L'entrée principale du départ les procédures de résolution des problèmes.

Ce manuel comprend la procédure de résolution des problèmes (structurels statiques, Fluent).

Chacun des systèmes d'analyse a sa propre procédure. Cependant, il y a quelques étapes communes à tous les systèmes.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

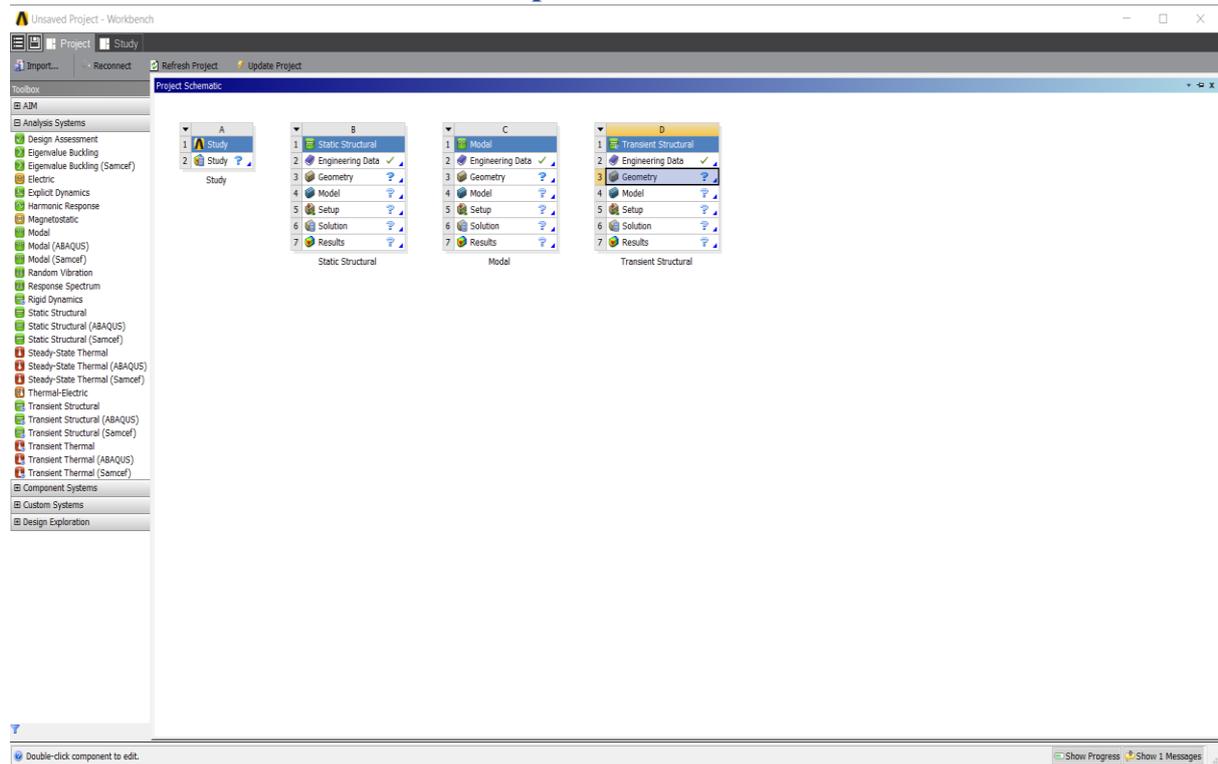


Fig. IV. 2 les systèmes d'analyse a sa propre procédure

Pour chaque type de problème, la procédure peut être complétée en parcourant l'arbre une par une jusqu'à ce que toutes les cellules soient marquées avec .

L'importance du maillage pour l'ingénierie et la simulation assistées par ordinateur logiciel comme ANSYS.

Types de maille.

Comment contrôler la taille du maillage et en fonction de ce que le maillage doit être modifié

Comment la taille du maillage affecte-t-elle la qualité et la fiabilité des résultats ?

La géométrie doit être réalisée sur un logiciel de modélisation externe (SolidWorks, Catia ou Rhino) et enregistré dans un fichier de géométrie individuel avec les extensions recommandées (fichier de pièce solide. Sldprt, fichier IGES. Igs ou fichier Step. Stl). Autodesk Autocad n'est pas compatible avec Ansys.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

IV.2. Démarrage et attribution des propriétés des matériaux :

Avant de commencer, le fichier de géométrie de la poutre doit être enregistré dans un fichier individuel

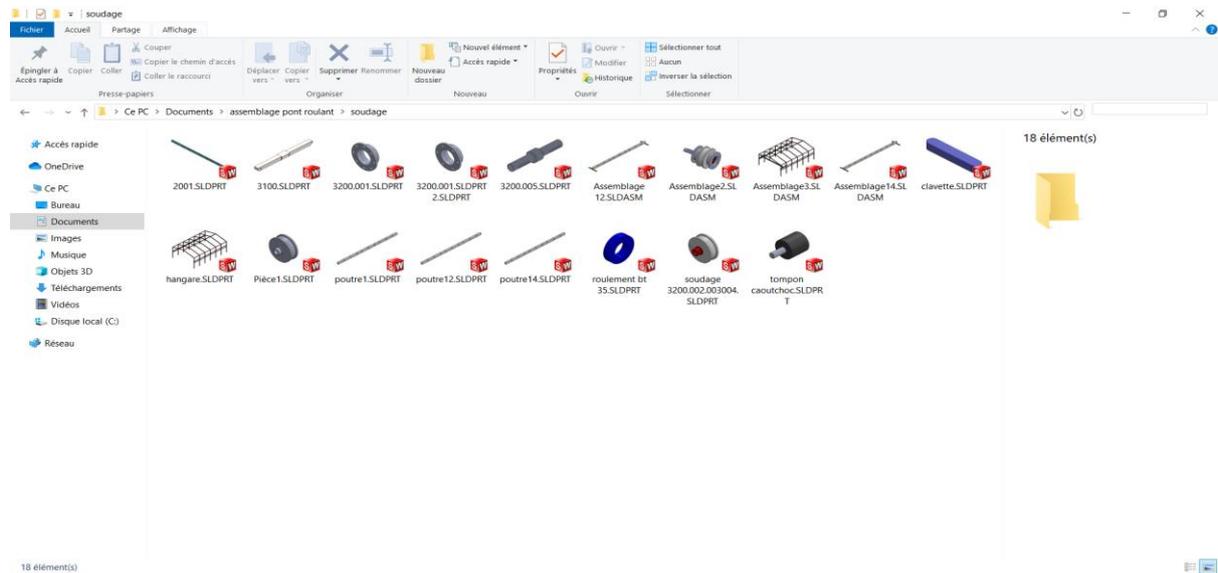


Fig.IV.3 les fichiers

Dans la fenêtre ANSYS Workbench : faites glisser (structure statique) vers le schéma du projet à l'intérieur du carré rouge.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

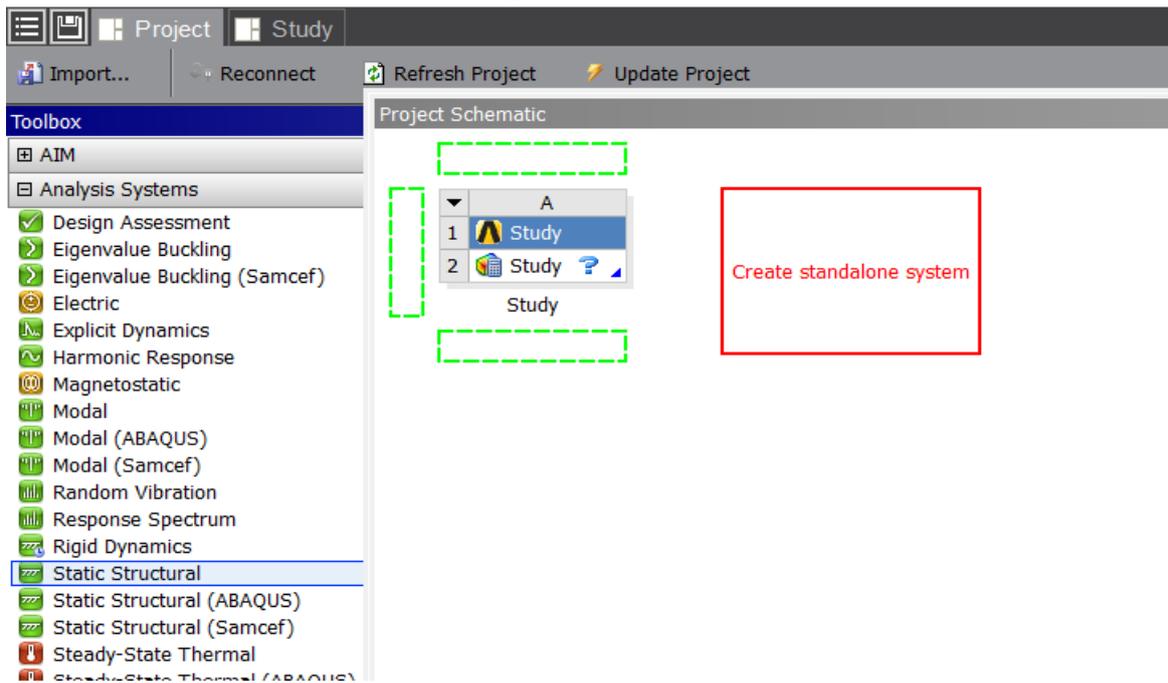


Fig.IV.4 comment créer un projet.

Double-cliquez sur (Données d'ingénierie) pour configurer et ajouter les matériaux qui seraient utilisés dans l'analyse ainsi que leurs propriétés.

La fenêtre affichée apparaîtra où un nouveau matériau peut être ajouté >> (cliquez ici pour ajouter un nouveau matériau)>> ajouter (matériau pour la poutre)

Dans la boîte à outils, les propriétés du matériau peuvent être ajoutées à partir de "Densité" ou "Élasticité isotrope". Double-cliquer sur les options mentionnées ouvrira de nouveaux champs dans le plan où les champs doivent être remplis avec les valeurs des propriétés.

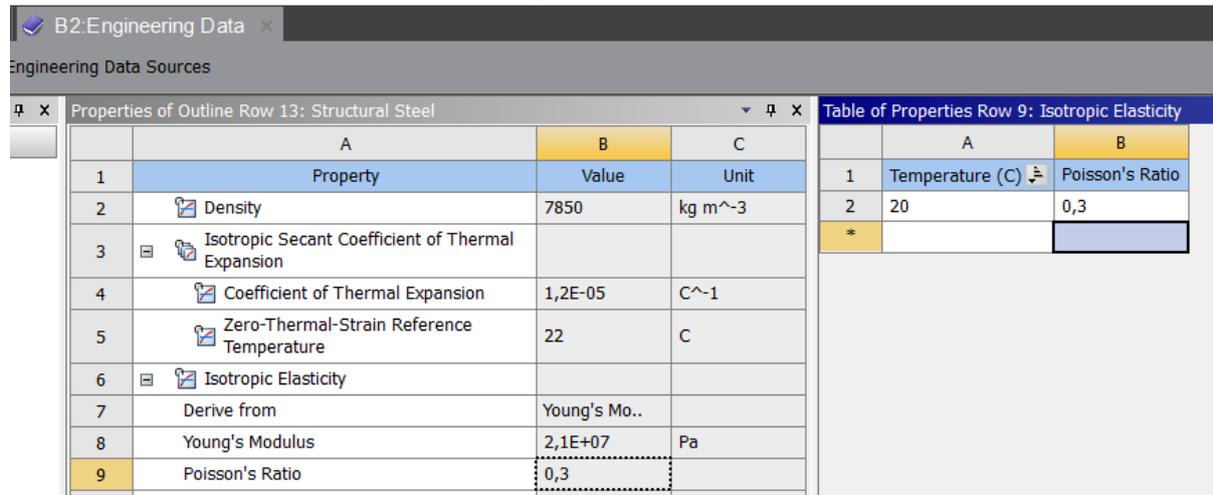
Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

The screenshot shows the 'Engineering Data Sources' dialog box. On the left is a 'Toolbox' with various material property categories. On the right is a table with columns A, B, C, and D. Row 3, 'General Materials', is selected.

	A	B	C	D
1	Data Source		Location	Description
2	★ Favorites			Quick access list and default items
3	General Materials	<input checked="" type="checkbox"/>		General use material samples for use in various analyses.
4	General Non-linear Materials	<input type="checkbox"/>		General use material samples for use in non-linear analyses.
5	Explicit Materials	<input type="checkbox"/>		Material samples for use in an explicit analysis.
6	Hyperelastic Materials	<input type="checkbox"/>		Material stress-strain data samples for curve fitting.
7	Magnetic B-H Curves	<input type="checkbox"/>		B-H Curve samples specific for use in a magnetic analysis.
8	Thermal Materials	<input type="checkbox"/>		Material samples specific for use in a thermal analysis.
9	Fluid Materials	<input type="checkbox"/>		Material samples specific for use in a fluid analysis.

Fig.IV.5 tableaux choisi matière.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.



	A	B	C
1	Property	Value	Unit
2	Density	7850	kg m ⁻³
3	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion		
4	Coefficient of Thermal Expansion	1,2E-05	C ⁻¹
5	Zero-Thermal-Strain Reference Temperature	22	C
6	Isotropic Elasticity		
7	Derive from	Young's Mo..	
8	Young's Modulus	2,1E+07	Pa
9	Poisson's Ratio	0,3	

	A	B
1	Temperature (C)	Poisson's Ratio
2	20	0,3
*		

Fig.IV.6 modifier la matière.

Une fois que vous avez terminé d'ajouter tous les matériaux nécessaires au projet, cliquez sur "Retourner au projet"

le champ The Engineering Data doit être marqué par a indiquant que le processus d'ajout des propriétés des matériaux a été effectué.

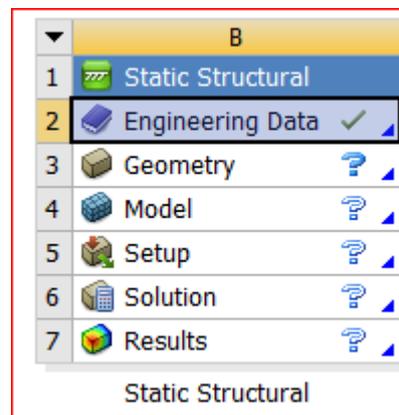


Fig.IV.7 effectué la matière.

IV.3 Géométrie :

Clic droit sur (Geometry) >> Import geometry >> browse >> Localiser le fichier de géométrie.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

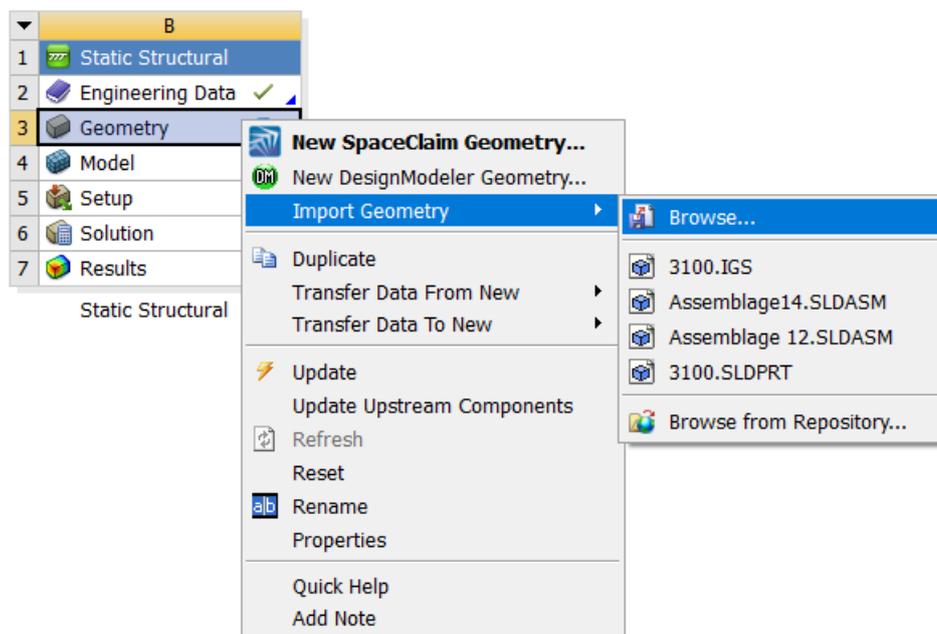


Fig.IV.8 comment importé la géométrie.

Même si après avoir localisé le fichier de géométrie, le champ sera marqué avec , il est toujours nécessaire de faire l'étape suivante.

Double-cliquez sur "Geometry" >> Choisissez les unités utilisées lors de la construction des fichiers de géométrie.

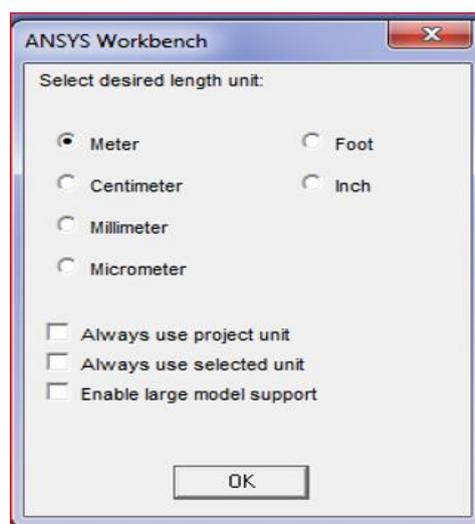


Fig.IV.9 sélections de l'unité.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

Double-cliquez sur "Model".

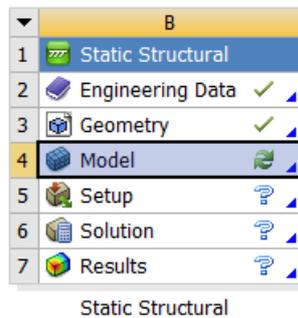


Fig.IV.10 effectué les paramètres.

Sur la fenêtre de contour, développez l'arborescence "Geometry" en cliquant sur "+", cette arborescence devrait vous montrer toutes les parties du projet (sera clair lorsqu'il y a plusieurs parties dans le projet). De plus, l'arborescence permet d'attribuer différents matériaux à différentes pièces ou de gérer le type de contact entre deux pièces (frictionnel, sans friction, etc.).

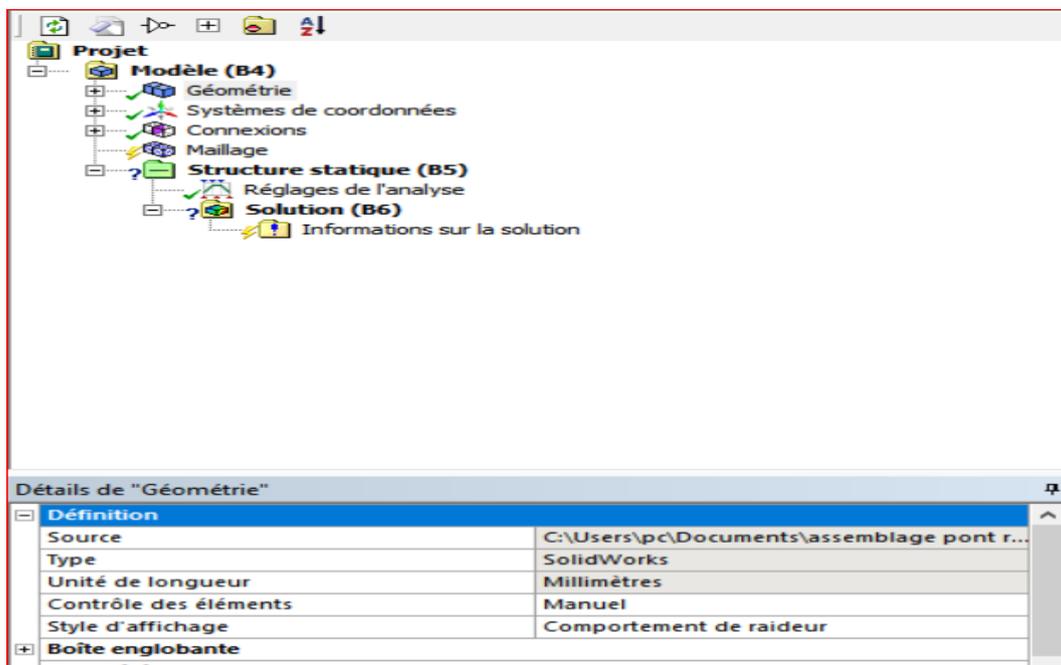
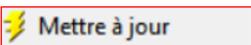


Fig.IV.11 Fenêtre de projet.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

Dans la fenêtre de contour, cliquez sur "Maillage". Pour générer le maillage avec la taille par défaut, cliquez sur  dans les barres supérieures. Pour les options de maillage avancées, ajustez les paramètres de la fenêtre "Détails du maillage".

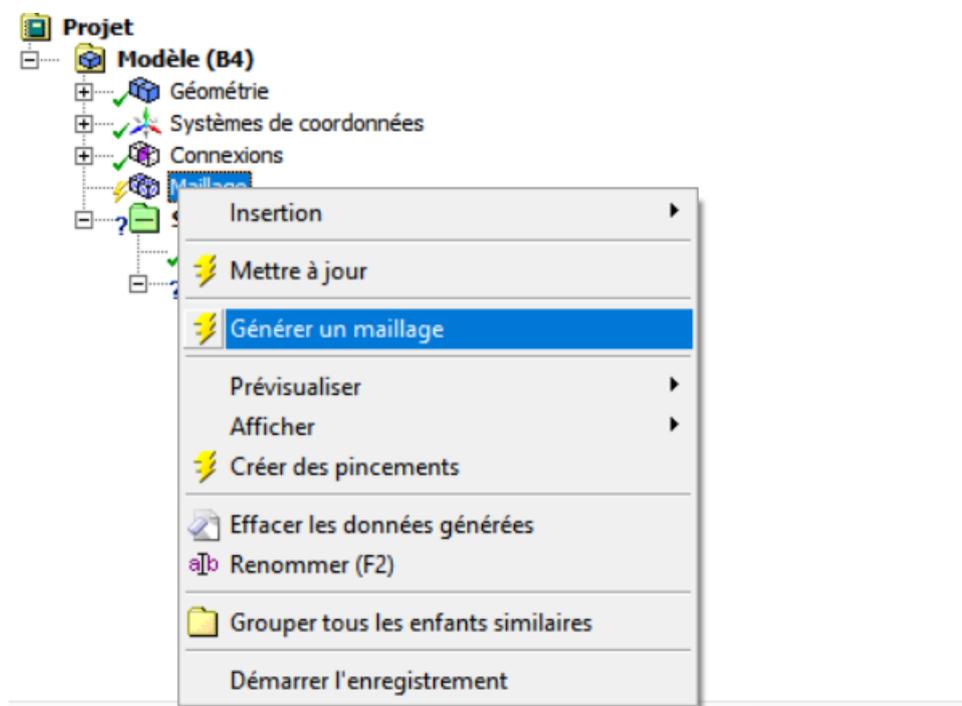


Fig.IV.12 comment générer un maillage.

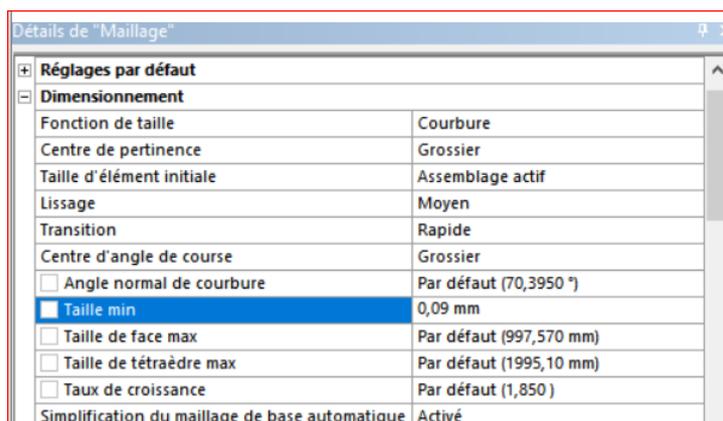


Fig.IV.13 les modifications.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

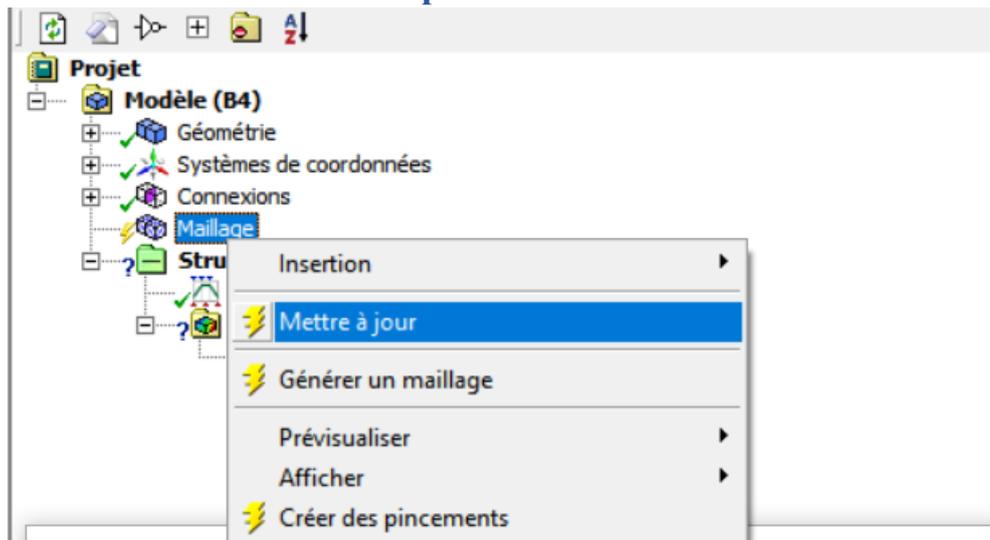


Fig.IV.14 comment mettre à jour.

IV.4 Configuration :

Après avoir défini le matériau et généré le maillage, fermez la fenêtre "Modèle". Comme il est clair, les 3 premières étapes ont été marquées par indiquant qu'elles sont terminées. Passez à "setup".

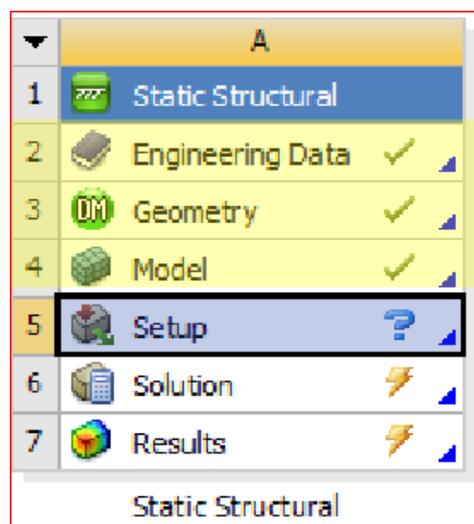


Fig.IV.15 effectué le modelé

Dans "setup", les charges, les supports et les paramètres de solution souhaités doivent être définis. En marquant l'emplacement sur la géométrie et en ajoutant une force ou un appui, l'étape de "setup" peut être considérée comme terminée.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

IV.5 Vérification de la poutre principale :

Choisissez la face où la fixation en porte-à-faux doit être installée à l'aide du "Face sélection Tool" .

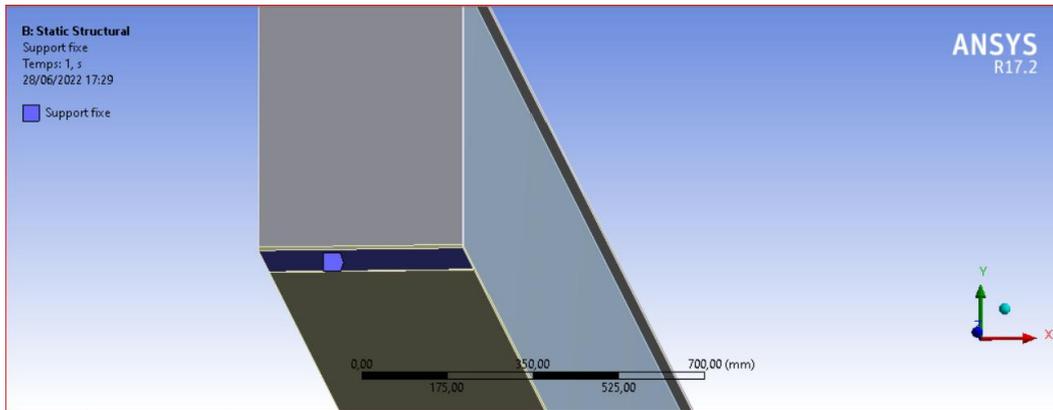


Fig.IV.16 les surfaces de fixation.

Ajoutez le " Fixed Support " de la " Supports List ". Par conséquent, dans l'arborescence "Outline", le support fixe sera affiché sous la liste "Static Structural".

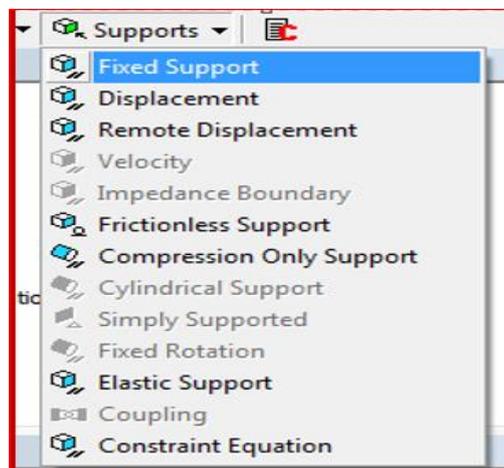


Fig.IV.17 la liste de support.

De même, nous définissons la zone supérieure de la force à l'aide de l'outil de sélection de face.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

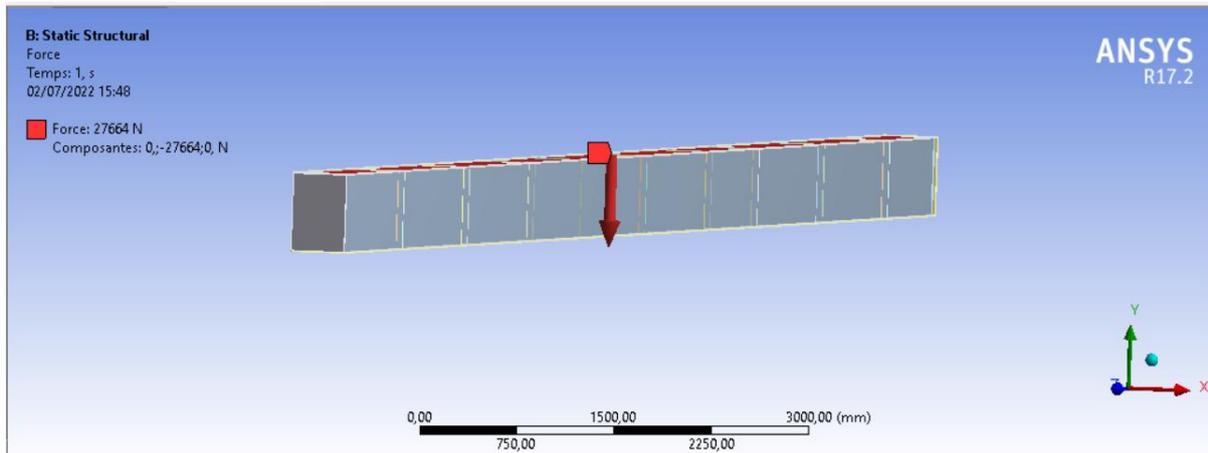


Fig.IV.18 sélectionné la force.

Ajoutez la force de la liste "Charges". Dans la fenêtre "Détails de la force", remplacez "Défini par" par "vecteur", puis définissez la force dans la direction "Y" sur "13832,1 N", comme indiqué sur la figure.

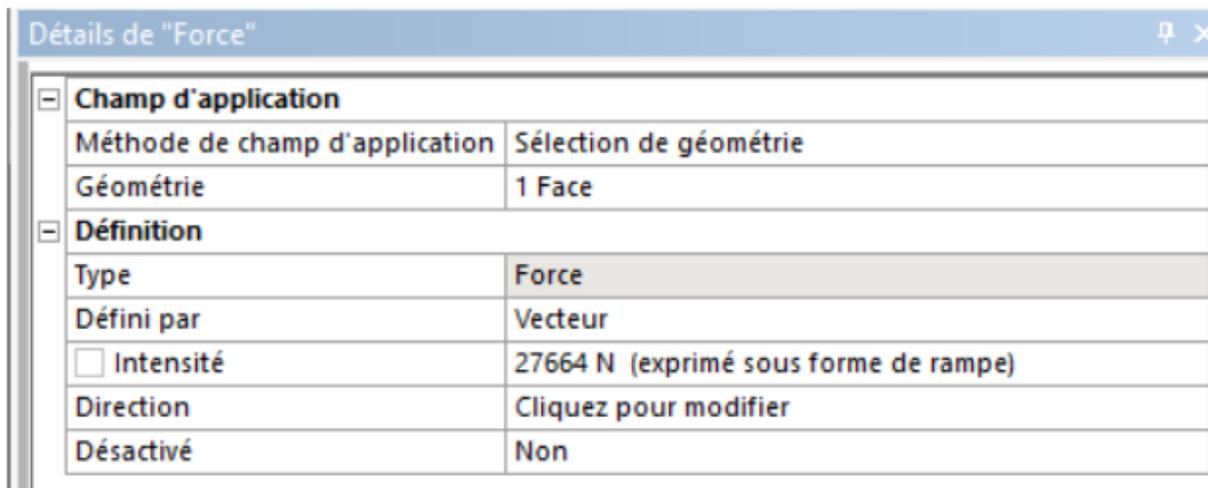


Fig.IV.19 choisi la force.

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

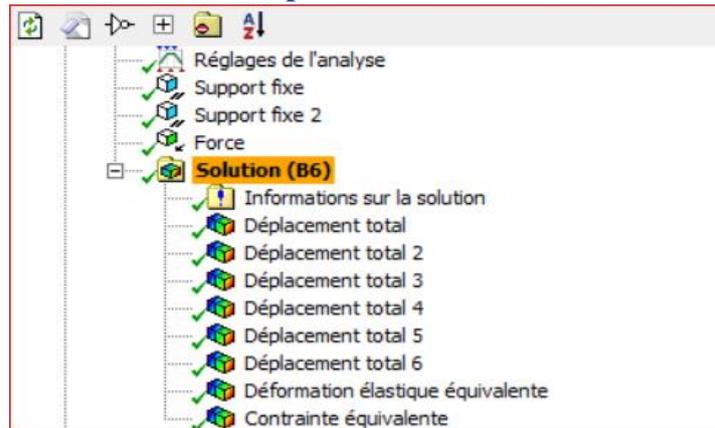


Fig.IV.22 les solutions.

En a appliqué une force sur le milieu de la poutre pour obtenir les résultats suivants :

IV.5.1 Les Déplacements :

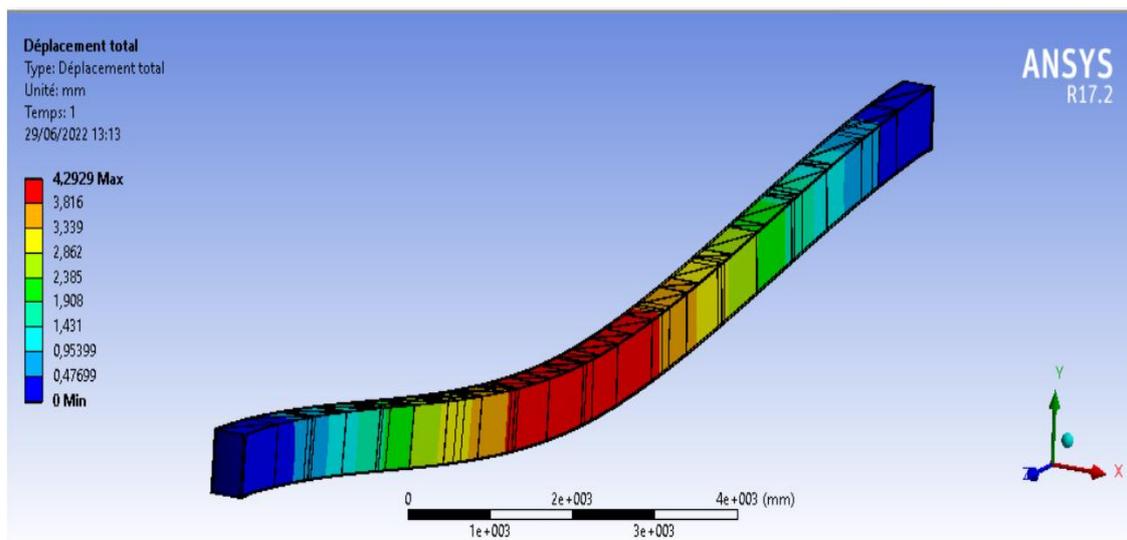


Fig.IV.23 déplacements

$$f = 1,5 \text{ cm} \approx 4,29 \text{ cm}$$

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

IV.5.2 Les contraintes :

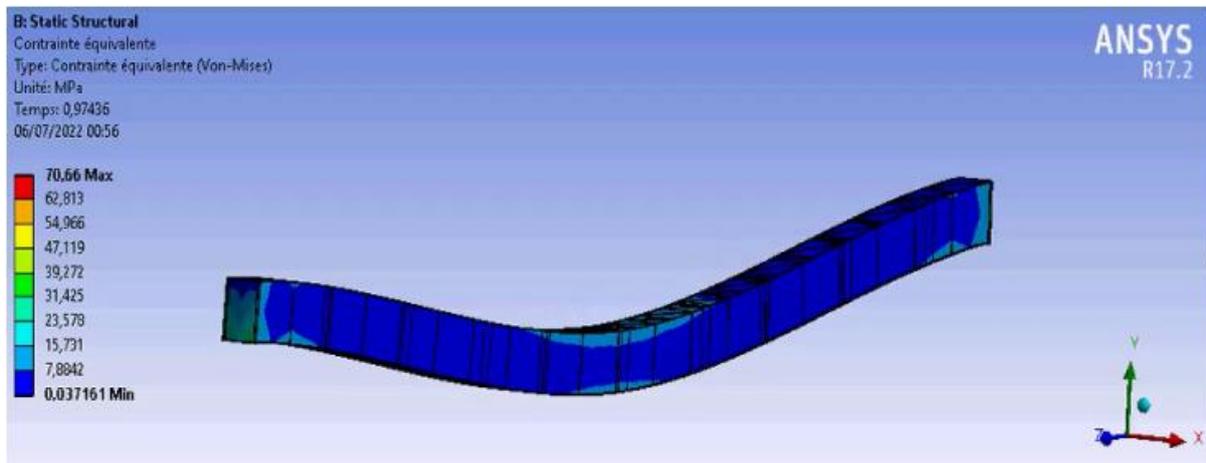


Fig.IV.24 contraintes

$$\sigma_{\max} = 68,17 \text{ N/mm}^2 \approx 70,66 \text{ N/mm}^2$$

IV.5.3 les déformations :

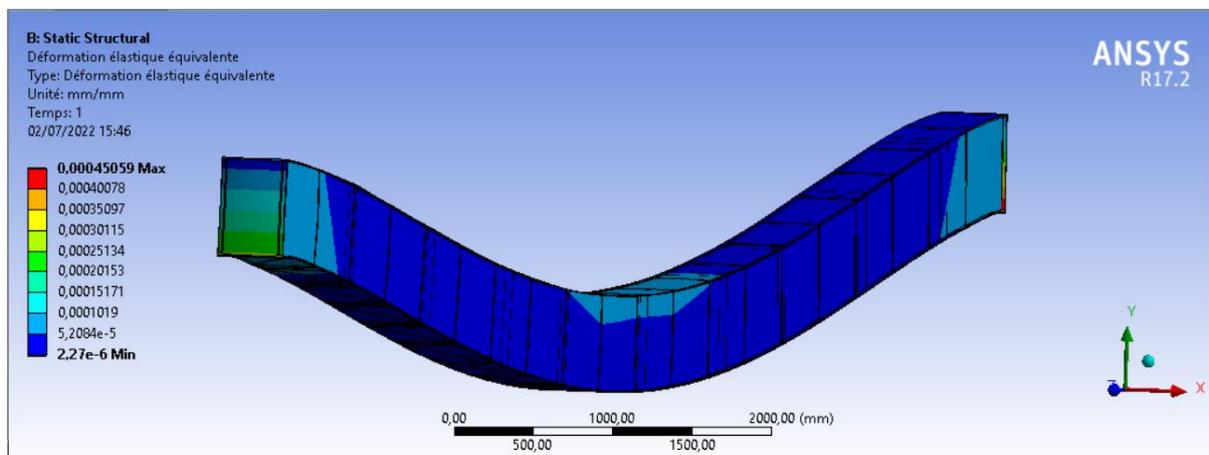


Fig.IV.25 déformations

IV.6 vérifications des sommiers :

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

IV.6.1 la contrainte de sommier :

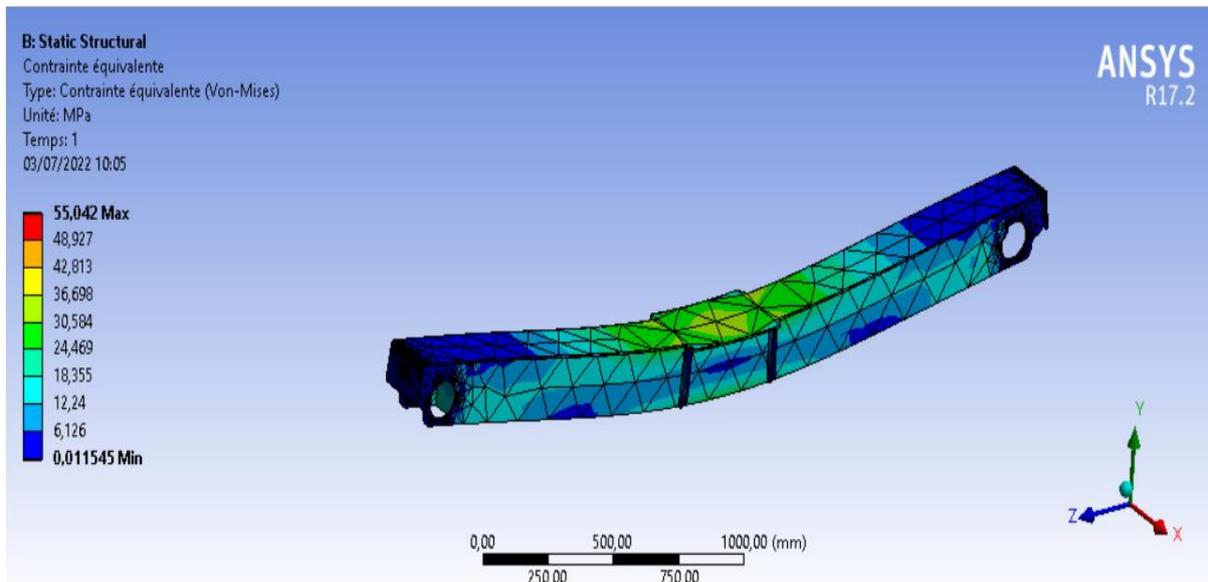


Fig.IV.26 contraintes de sommier

$$\sigma = 56,42 \text{ N/mm}^2 \approx 55,04 \text{ N/mm}^2$$

IV.6.2 les déplacements de sommier :

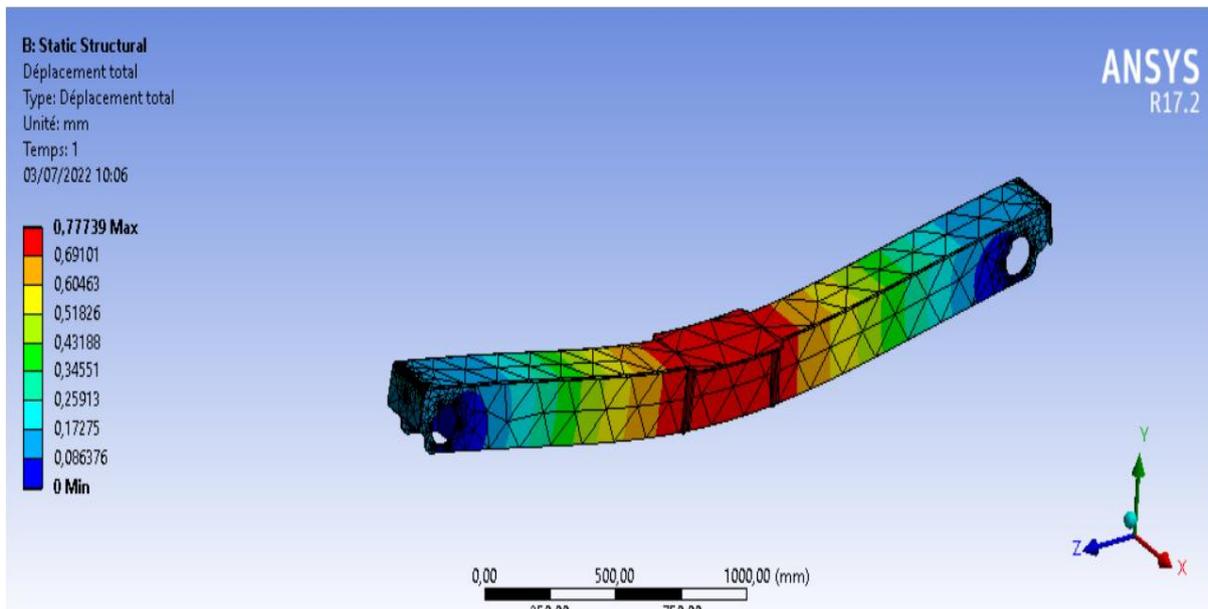


Fig. IV.27 Déplacement de sommier

Etude et dimensionnement d'un pont roulant.

IV.6.3 les déformations de sommier :

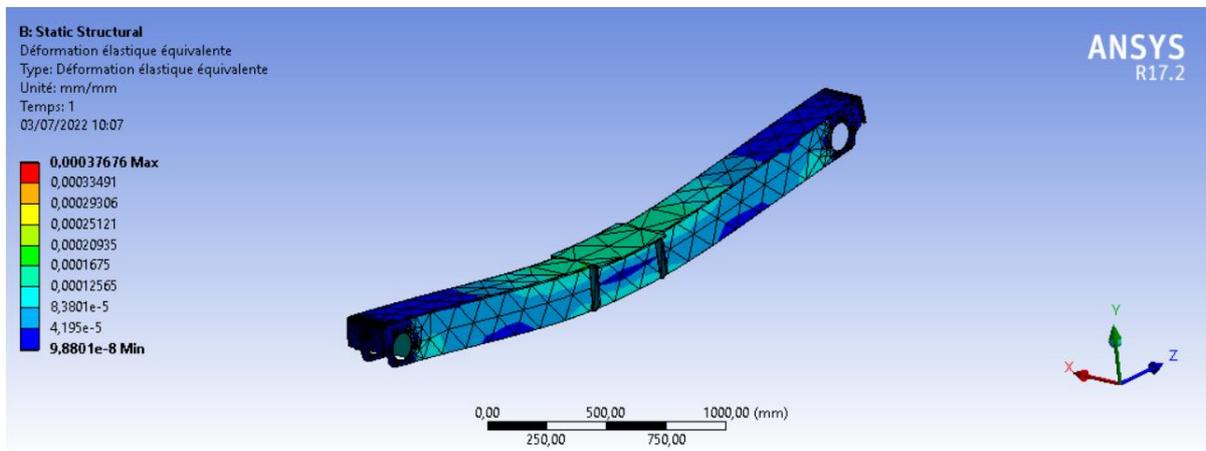


Fig.IV.28 Déformation de sommier

Les résultats trouvés par la simulation montrent un bon accord que les résultats trouvés analytique ainsi que lors de vérification montre résultats aussi vérifient les conditions de résistance

IV.7 Conclusion :

Le but de ce chapitre est d'apprendre à accéder au logiciel et à l'utiliser, et il a aussi pour but de comparer les calculs analytiques de poutre et sommier avec ANSYS Workbench. Et de là nous avons conclu que les valeurs sont quelque peu similaires.

CONCLUSION GENERALE

Ce projet nous a permis dans un premier temps de nous familiariser à la conception. En outre ce projet nous a donné l'occasion d'approfondir certaines de nos connaissances que le nombre de séances très limité ne permet d'atteindre lors des cours théoriques. Ce dernier m'a permis de découvrir nouveaux systèmes, vocabulaires, sociétés et technologies utilisés pour le pont roulant, ainsi d'améliorer mes connaissances en analyses et conception.

Dans le premier chapitre, nous avons donné un aperçu de l'entreprise d'accueil (SMIF une filiale du Groupe GICA) ensuite, nous avons présenté le problème auquel l'entreprise est confrontée dans le levage des tôles métalliques.

Tout au long du deuxième chapitre, nous avons introduit la structure des ponts roulants, la conception du pont roulant, les différents mécanismes qui s'invitent dans le fonctionnement du pont entre autres le levage, la direction, la translation.

A l'aide de la commencenté par le dimensionnement de la poutre principale, ensuite par le choix des galets après nous avons fait le dimensionnement des deux sommiers Enfin, nous avons fait un choix des poteaux adéquats en utilisant un calcul de vérification de flambement.

Dans cette partie quatrième chapitre, on a fait les calculs théoriques pour le dimensionnement du pont roulant et on les a vérifiés avec ANSYS Workbench, Après cette étude, nous nous sommes arrivés aux résultats satisfaisants, nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- Premièrement, nous avons choisi une bonne matière, et puis on a calculé les réactions, les moments, les contraintes, et déplacement de pont roulant.
- Et puis nous sommes allés au logiciel Ansys Workbench pour importer notre travail depuis le logiciel SolidWorks pour comparer les résultats avec les calculs, par conséquent, nous avons eu un résultat un peu proche.

Bibliographie

[1] : Wikipédia Pont _roulant.

[2] : M. BOUTALBI OUSSAMA. Commande par mode glissant du second ordre d'un portique à trois dimensions. Mémoire MAGISTER. UNIVRSITE FERHAT ABBAS-SETIF-1- UFAS (ALGERIE).2014.

[3] : C. Pellissier, « Ponts roulants et portiques", Techniques de l'Ingénieur, 2000.

[4] : MOUAZIZ Ahmed Adlane et OULD BABAALI Racha. Commande d'un pont roulant avec bras manipulateur de 6 degrés de libertés par radio-fréquence. Mémoire MASTER. HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES --T L E M C E N--

[5] : mémoire ETUDE, CONCEPTION ET REALISATION D'UN PONT ROULANT EN 2 DEGRES DE LIBERTES

[6] : mémoire de fin d'étude ; maintenance industrielle

[7] : Khatib, S., "Springer Handbook of Robotics", USA : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.

[8] : [doc.hadef.de/bee]

[9] : Wikipédia, Module d'inertie.

[10] : guide Technique (système de bloc galet pour sommier).

[11] : J. - L. FANCHON, Guide de Mécanique, Sciences et Technologies industrielles, Nathan.

[12] RDM chapitre 10 : DÉFORMATION DANS LES POUTRES EN FLEXION.

Annexe

Annexe 01 :

Classement ressortant des recommandations du CTICM

Classes d'utilisation	
Classe A	Utilisation occasionnelle avec longue périodes de repos
Classe B	Utilisation régulière en service intermittent
Classe C	Utilisation régulière avec service intensif
Classe D	Service intensif sévère (période de travail >8h)

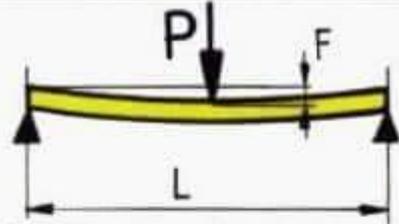
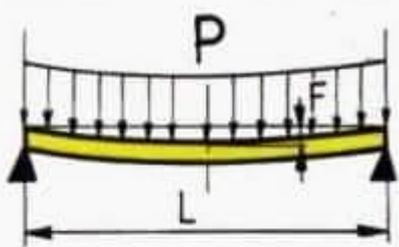
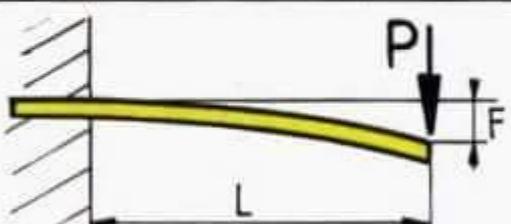
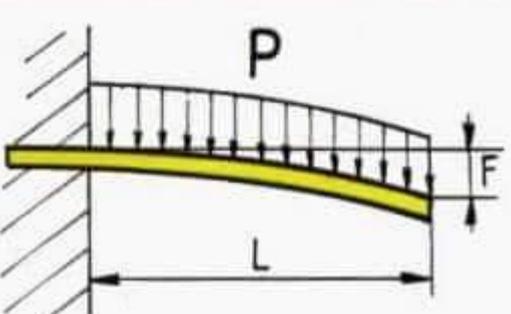
Etats de charges	
0 (très léger)	Charges très faibles soulevées couramment Charge nominale soulevée exceptionnellement
1 (léger)	Charges de l'ordre du tiers de la charge nominale courante Charge nominale soulevée rarement
2 (moyen)	Charges entre le tiers et les deux tiers de la charge nominale courante Charge nominale assez fréquente
3 (lourd)	Charges régulièrement au voisinage de la charge nominale

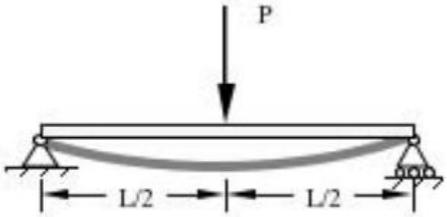
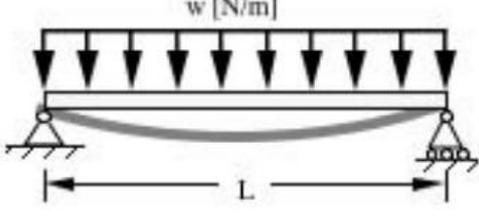
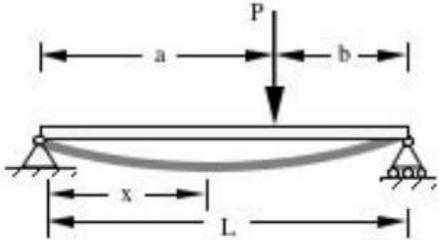
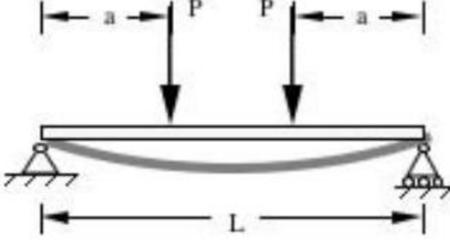
Groupe des appareils ou de leur éléments	Coefficient de majoration M (calcul des	Poutres de roulement flèches
---	--	-------------------------------------

					appareils)	horizontales et verticale
Groupe 1	A0				1	1/500
Groupe 2	A1	B0			1	
Groupe 3	A2	B1	C0		1	1/750
Groupe 4	A3	B2	C1	D0	1.06	
Groupe 5		B3	C2	D1	1.12	1/1000
Groupe 6			C3 et D3		1.20	

Annexe 02 :

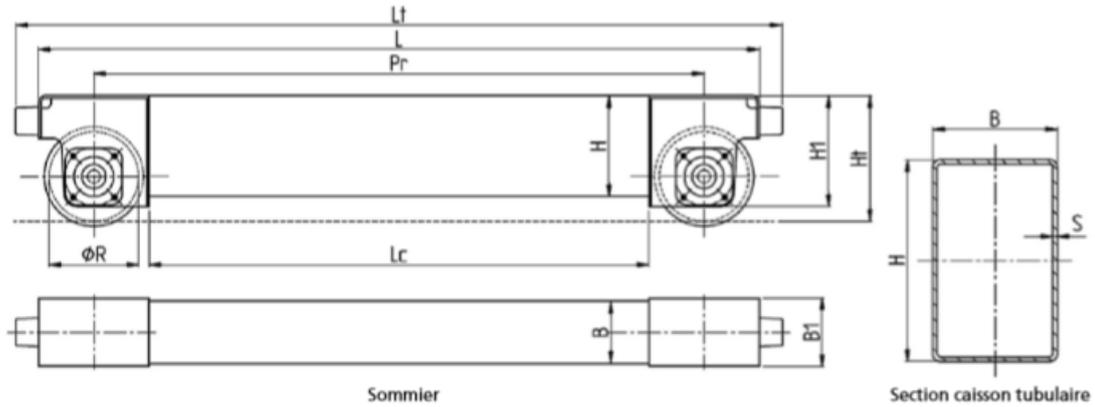
La flèche de la poutre principale

Disposition des charges	MOMENT FLÉCHISSANT EN Kg/mm	FLÈCHE MAXI EN M/M	TAUX TRAVAIL MAXI EN DaN/mm ³
 <p>POUTRE sur 2 Appuis</p>	$\frac{P \times L}{4}$	$\frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$	$\frac{Mf}{I \times V}$
	$\frac{P \times L}{8}$	$\frac{5 \times P \times L^3}{384 \times E \times I}$ $\frac{P \times L}{8} \times \frac{5 \times L^2}{48 \times E \times I}$	$\frac{Mf}{I \times V}$ AU MILIEU
 <p>POUTRE ENCASTRÉE</p>	$P \times L$	$\frac{P \times L^3}{3 \times E \times I}$	$\frac{Mf}{I \times V}$ A L'ENCASTREMENT
	$\frac{P \times L}{2}$	$\frac{P \times L^3}{8 \times E \times I}$	$\frac{Mf}{I \times V}$
R. MOUV E - MODULE D'ELASTICITÉ I - INERTIE SECTION Mf - MOMENT FLÉCHISSANT			

 $\Delta_{\max} = \frac{P L^3}{48 E I}$	 $\Delta_{\max} = \frac{w L^4}{384 E I}$
 $\Delta_{\max} = \frac{P b}{3 E I L} \left(\frac{L^2 - b^2}{3} \right)^{3/2} \quad \hat{a} x = \sqrt{\frac{L^2 - b^2}{3}} \quad (b < a)$	 $\Delta_{\max} = \frac{P L^3}{24 E I} \left(\frac{3 a}{L} - \frac{4 a^3}{L^3} \right)$

Annexe 03 :

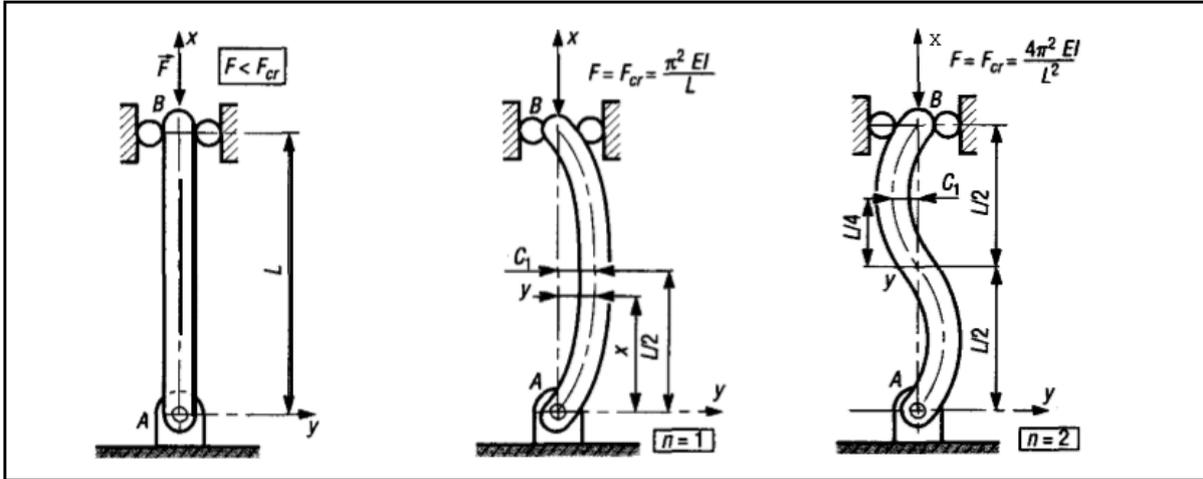
Ecartement de galet



TAILLE "DGT"	SOMMIER TYPE		DONNÉES DIMENSIONNELLES DU SOMMIER (mm)									DONNÉES INERTIELLES DE LA SECTION TUBULAIRE						
	GALET	PAS PR (mm)	Lc	L	Lt	S	B	H	B1	H1	Ht	WT cm ³	JX cm ⁴	WX cm ³	JY cm ⁴	WY cm ³	ZONE cm ²	POIDS Kg/m
1	125	1800	1630	1970	2030	5						231.8	2067.0	187.9	811.7	135.3	32.23	25.3
		2400	2230	2570	2630	8												
		3300	3130	3470	3530	8	120	220	160	225	233	343.0	3200.0	291.0	1230.0	205.0	51.2	40.2
2	160	1800	1590	2010	2110	6.3						524.0	5170.0	397.0	2930.0	325.0	53.4	41.9
		2400	2190	2610	2710	6.3	180	260	180	260	275	524.0	5170.0	397.0	2930.0	325.0	53.4	41.9
		3300	3090	3510	3610	6.3	180	260	180	260	275	524.0	5170.0	397.0	2930.0	325.0	53.4	41.9
3	200	2100	1840	2360	2490	6.3						524.0	5170.0	397.0	2930.0	325.0	53.4	41.9
		2700	2440	2960	3090	10	180	260	200	290	315	775.0	7740.0	595.0	4350.0	483.0	82.9	65.1
		3600	3340	3860	3990	10	180	260	200	290	315	775.0	7740.0	595.0	4350.0	483.0	82.9	65.1
4	250	2100	1790	2410	2540	6.3						681.0	7830.0	522.0	4190.0	419.0	61.0	47.9
		2700	2390	3010	3140	10	200	300	230	335	370	1020.0	11820.0	788.0	6280.0	628.0	94.9	74.5
		3600	3290	3910	4040	10	200	300	230	335	370	1020.0	11820.0	788.0	6280.0	628.0	94.9	74.5
		3600 R	3290	3910	4040	16	200	300	230	335	370	1470.0	17390.0	1160.0	9110.0	911.0	147.0	115
5	315	2400	2010	2790	2950	8						1250.0	16450.0	940.0	9800.0	784.0	92.8	72.8
		3900	3510	4290	4450	12.5	250	350	260	385	437	1840.0	24420.0	1400.0	14440.0	1160.0	142.0	112.0
6	400	3900	3430	4370	4570	12.5	300	400	290	440	495	2590.0	38450.0	1920.0	24610.0	1640.0	167.0	131.0
		3900 R	3430	4370	4570	16	300	*410	290	440	495	3180.0	56183.4	3015.0	31187.5	2079.0	234.2	183.8

Annexe 04 :

Charge critique d'Euler F_{cr}



Longueur effective L_e

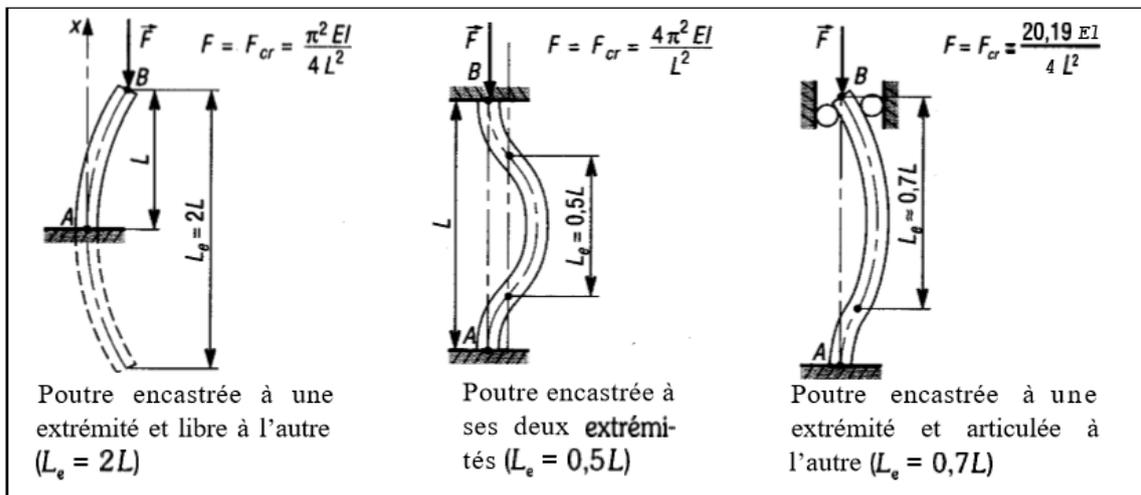
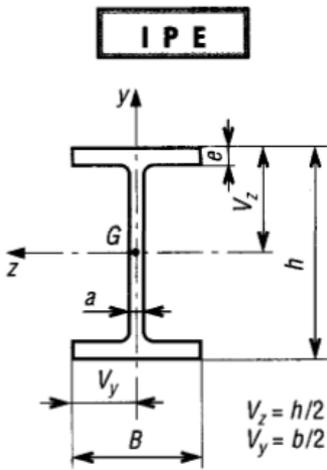


Fig. 8

Remarque : les charges critiques peuvent être obtenues en remplaçant L par L_e dans la formule générale de la charge critique d'Euler :
$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{L_e^2}$$

Annex 05 :

Moment quadratique de profile

Moments quadratiques des profilés usuels	profil	Dimensions				Section masse		Moments quadratiques				
		h (mm)	b (mm)	a (mm)	e (mm)	S (cm ²)	kg.m ⁻¹	I_y (cm ⁴)	I_y/V_y (cm ³)	I_z (cm ⁴)	I_z/V_z (cm ³)	V_z (mm)
	80	80	46	3,8	5,2	7,64	6,0	80,1	20,0	8,49	3,69	
	100	100	55	4,1	5,7	10,3	8,1	171	34,2	15,9	5,79	
	120	120	64	4,4	6,3	13,2	10,4	318	53,0	27,7	8,65	
	140	140	73	4,7	6,9	16,4	12,9	541	77,3	44,9	12,3	
	160	160	82	5,0	7,4	20,1	15,8	869	109	68,3	16,7	
	180	180	91	5,3	8,0	23,9	18,8	1317	146	101,0	22,2	
	200	200	100	5,6	8,5	28,5	22,4	1943	194	142,0	28,5	
	220	220	110	5,9	9,2	33,4	26,2	2772	252	205,0	37,5	
	240	240	120	6,2	9,8	39,1	30,7	3892	324	284,0	47,3	
	270	270	135	6,6	10,2	45,9	36,1	5790	429	420,0	62,2	
	300	300	150	7,1	10,7	53,8	42,2	8356	557	604,0	80,5	
	330	330	160	7,5	11,5	62,6	49,1	11770	713	788,0	98,5	
	360	360	170	8,0	12,7	72,7	57,1	16270	904	1043,0	123,0	
	400	400	180	8,6	13,5	84,5	66,3	23130	1160	1318,0	146,0	
	450	450	190	9,4	14,6	98,8	77,6	33740	1500	1676,0	176,0	
	500	500	200	10,2	16,0	116,0	90,7	48200	1930	2142,0	214,0	
550	550	210	11,1	17,2	134,0	106,0	67120	2440	2667,0	254,0		
600	600	220	12,0	19,0	156,0	122,0	92080	3070	3387,0	308,0		